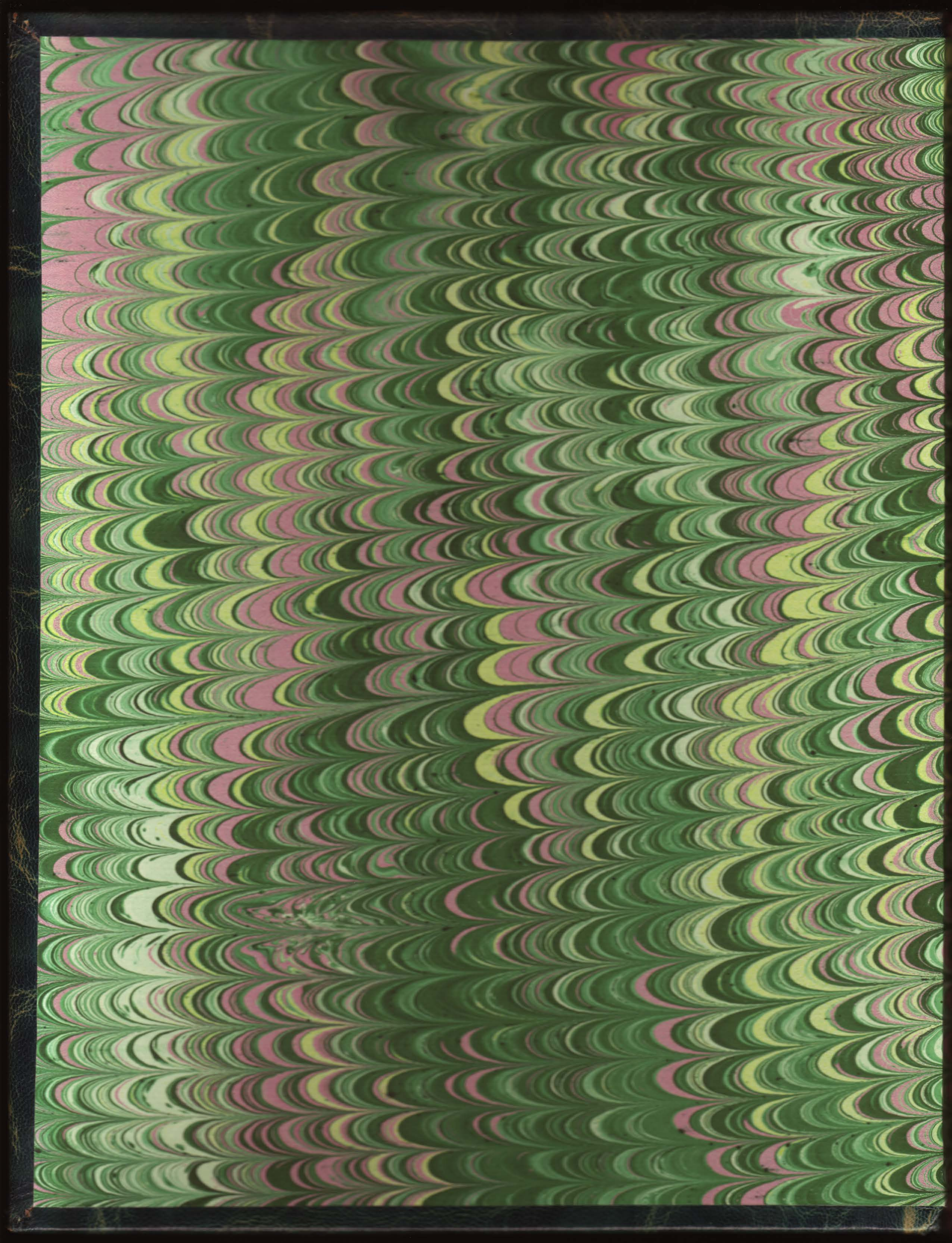
ESSAI
SUR LA
COMPOSITION
DES MACHINES





ESSAI
SUR LA COMPOSITION DES MACHINES.

Cet Ouvrage se trouve à PARIS,

Chez BERNARD, Libraire de l'École impériale polytechnique, quai des Augustins, n.° 25.

ECOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE.

PROGRAMME

DU

COURS ÉLÉMENTAIRE DES MACHINES,

POUR L'AN 1808,

Par M. *HACHETTE.*

ESSAI

SUR

LA COMPOSITION DES MACHINES,

Par MM. *LANZ* et *BÉTANCOURT.*



a M. Sugny
de la part du Conseil
d'Instion

A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE.

1808.

SUR
LE COURS DES MACHINES
DE
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. *HACHETTE.*

Le projet d'un cours des machines à l'usage des élèves de l'École polytechnique, fait partie de la première organisation que M. *Monge* a donnée à l'instruction de cette École. Le rapport de M. *Fourcroy*, lu à la Convention nationale, le 3 vendémiaire an 3 [24 septembre 1794], est suivi d'un développement dans lequel M. *Monge*, après avoir fait connaître le but de l'École polytechnique et le plan général de cet établissement, propose de consacrer deux mois de la première année d'études à la description des *élémens* des machines, et des machines en usage dans les travaux publics. « On entend, dit M. *Monge*, par *élémens des machines*, les » moyens par lesquels on change la direction des mouvemens, ceux par » lesquels on peut faire naître les uns des autres, le mouvement progressif » en ligne directe, le mouvement de rotation, le mouvement alternatif de » *va et vient.* On sent que les machines les plus compliquées ne sont que » les résultats des combinaisons de quelques-uns de ces moyens indivi- » duels, dont il faudra faire en sorte que l'énumération soit complète. »

Les programmes des cours d'ouverture de l'École polytechnique, imprimés en pluviôse an 3 [janvier 1795], renferment les tableaux que chaque professeur a présentés pour faire connaître le système de son enseignement; M. *Monge* a donné pour les quatre dernières leçons de son cours de géométrie descriptive, le résumé suivant ;

« Exposition des divers mécanismes au moyen desquels on peut » convertir les uns dans les autres les différens genres des mouvemens.

» Mécanismes par lesquels on facilite les mouvemens de tous les » genres.

» Description des principales machines connues dans les arts, et mues » par les animaux ou par des forces prises dans la nature. »

En rendant compte des cours préliminaires, dans le premier cahier du *Journal de l'École*, ce savant développe encore ses idées sur la partie de l'enseignement relative aux machines. . . . .

« Les forces de la nature qui sont à la disposition de l'homme, ont trois » élémens distincts, la masse, la vîtesse, la direction du mouvement. » Rarement, dans ces forces, les trois élémens dont il s'agit ont les qua- » lités qui conviennent au but que l'on se propose, et les machines ont » pour objet principal de convertir les forces dont on peut disposer, en » d'autres dans lesquelles ces élémens soient de nature à produire l'effet » desiré. Chaque machine est composée de plusieurs parties élémentaires » dont chacune a un but particulier, et ce but peut être atteint de plu- » sieurs manières différentes, suivant les circonstances. L'énumération » complète de toutes les manières dont on peut changer les élémens des » forces, et la description des moyens différens de produire le même » changement dans les circonstances différentes, doivent offrir aux artistes » les plus grandes ressources pour les travaux de tous les genres. »

Par la loi du 22 octobre 1795, la durée des cours de l'École polytechnique, qui, par la première organisation, se faisaient en trois ans, a été réduite à deux, et l'enseignement relatif aux machines fut ajourné; cependant, il n'a pas été totalement abandonné ; M. *Hassenfratz*, professeur de physique, et en même temps chargé d'un cours sur les mines, faisait connaître les machines employées dans l'exploitation des mines, comme on peut le voir dans le programme de ses leçons, treizième cahier du *Journal de l'École*, pag. 356 et suivantes.

Le conseil de perfectionnement, dans sa sixième session (décembre 1805), ayant réuni les cours spéciaux des mines et des ponts et chaussées

en un seul cours général sur les élémens des constructions et des machines, a désigné dans la session suivante (décembre 1806), un des professeurs de géométrie descriptive (M. *Hachette*) pour faire le cours sur les élémens des machines.

L'enseignement de cette partie essentielle de la géométrie descriptive s'est déjà fait en 1806 et 1807; il se continue cette année 1808, d'après le programme *(page IX)* que le conseil de perfectionnement a adopté. On a joint à ce programme un tableau des machines élémentaires; les formes sous lesquelles ces machines se présentent, sont déjà en assez grand nombre pour qu'il soit nécessaire de les ranger méthodiquement; les observations suivantes servent de base à cet arrangement.

1.° Les moteurs en usage dans les arts, sont appliqués à un point, pour lui faire décrire ou un cercle ou une ligne droite; de là résultent les *mouvemens circulaire et rectiligne.*

2.° Le point mobile, après avoir parcouru une portion de cercle ou de droite, peut être ramené par la force motrice vers le point de départ, en décrivant la même ligne; de là résultent les mouvemens alternatifs, ou circulaires, ou rectilignes, qu'on nomme aussi *mouvemens de va et vient.*

Ces quatre mouvemens, quoique continus de direction, pourraient être interrompus par une discontinuité de l'action du moteur; ainsi une roue à rochet tourne dans le même sens, quoique la dent qui la fait tourner, n'exerce pas sur elle une action continue : cette circonstance amenerait, s'il était nécessaire, une nouvelle division des quatre mouvemens précédens; mais le nombre des machines élémentaires n'est pas encore assez étendu, pour qu'il soit utile d'avoir recours à cette division; il est cependant bon de prévenir que le mot *continu* ou *alternatif* ne s'entend que de la direction du mouvement, et qu'il n'exclut pas l'hypothèse d'un moteur dont l'action soit discontinue.

Nommant R le mouvement rectiligne continu; r, le mouvement rectiligne alternatif; C, le mouvement circulaire continu; c, le mouvement circulaire alternatif, on a les dix combinaisons suivantes des quatre

lettres *R*, *r*, *C*, *c* prises deux à deux dans l'ordre où le tableau (*planche* A *k* 7.) les présente.

1.°	*RR*,	*rectiligne continu*,	—	*rectiligne continu.*
2.°	*Rr*,	*rectiligne continu*,	—	*rectiligne alternatif.*
3.°	*RC*,	*rectiligne continu*,	—	*circulaire continu.*
4.°	*Rc*,	*rectiligne continu*,	—	*circulaire alternatif.*
5.°	*Cr*,	*circulaire continu*,	—	*rectiligne alternatif.*
6.°	*CC*,	*circulaire continu*,	—	*circulaire continu.*
7.°	*Cc*,	*circulaire continu*,	—	*circulaire alternatif.*
8.°	*rr*,	*rectiligne alternatif*,	—	*rectiligne alternatif.*
9.°	*rc*,	*rectiligne alternatif*,	—	*circulaire alternatif.*
10.°	*cc*,	*circulaire alternatif*,	—	*circulaire alternatif.*

De ces dix séries, si on soustrait les quatre combinaisons *CC*, *RR*, *cc*, *rr*, chacun des six autres pourrait en former deux ; car, de ce que le mouvement *C*, par exemple, se change, par un certain mécanisme, en *R*, il ne s'ensuit pas que le mouvement *R* se change en *C* par le même mécanisme ; cependant, pour diminuer autant que possible le nombre de séries, on a compris dans la même série toutes les combinaisons de deux quelconques des quatre mouvemens *C*, *R*, *c*, *r*, et leurs réciproques.

Tel est le système d'après lequel M. *Hachette* avait commencé le tableau ci-joint (*planche* A *k* 7.) des machines élémentaires, lorsqu'il apprit que MM. *Lanz* et *Bétancourt* avaient exécuté, d'après le même plan, un tableau semblable. Le conseil d'instruction, sur le rapport de MM. *Monge* et *Hachette*, a proposé à M. le Gouverneur de faire imprimer, aux frais de l'École, le résultat du travail de MM. *Lanz* et *Bétancourt* (*chargés de mission par le Gouvernement espagnol*) ; c'est cet ouvrage, dont les auteurs ont fait cession à l'École polytechnique, qui paraît actuellement sous le titre d'*Essai sur la composition des machines.*

(Le Conseil d'instruction de l'École a entendu la lecture de cet article dans sa séance du 12 août 1808, et en a arrêté l'impression.)

PROGRAMME

PROGRAMME

Du Cours élémentaire des Machines, faisant partie du Cours de Géométrie descriptive de l'École polytechnique.

Sur les forces employées à mouvoir les machines, et sur la manière de les estimer; des forces qu'on obtient par les animaux, par l'eau, le vent, et par les substances combustibles.

Des machines élémentaires; du mouvement circulaire; du mouvement rectiligne; du mouvement de *va et vient;* de la forme des machines par lesquelles les mouvemens se combinent deux à deux; division de ces machines en dix séries: explication du tableau (*planche* A *k* 7.) qui présente les machines connues de ces dix séries.

Explications des principales machines employées dans les constructions.

Application de la théorie des ombres et du lavis au dessin des machines.

Travail exigé des Élèves.

Les élèves dessineront au trait et au lavis, 1.° les pilons mus par des cames; 2.° la vis triangulaire ou carrée; 3.° l'engrenage avec lanterne cylindrique, ou la vis d'*Archimède.*

Ils expliqueront les épures gravées des machines suivantes, 1.° les engrenages coniques; 2.° les pompes aspirantes et foulantes; 3.° les chapelets droits et inclinés; 4.° le belier hydraulique; 5.° le manège du maraicher; 6.° la vis d'*Archimède;* 7.° l'aile de moulin à vent; 8.° les machines à feu; 9.° une machine à receper les pieux; 10.° une machine à curer.

LÉGENDE du Tableau des Machines élémentaires, joint au Programme du Cours élémentaire des Machines.

On désigne chaque machine du tableau (*planche* A *k* 7.) par le chiffre de la colonne verticale et la lettre majuscule de la première colonne horizontale, qui correspondent à cette machine.

Toutes les machines d'une même série sont marquées du même chiffre, auquel on ajoute les exposans *a*, *b*, *c*, *d*, *&c.*

1.re SÉRIE.

Les machines élémentaires contenues dans cette série, ont pour objet de combiner le mouvement rectiligne continu avec lui-même.

1 *A*, poulie simple; — 1 *B*, système de deux poulies simples, dont les axes ne sont pas perpendiculaires au même plan (*plan et élévation*); — 1 *C*, plan incliné; — 1 *D*, belier hydraulique et jeu de soupapes; — 1 *E*, fontaine de *Héron*.

2.e SÉRIE.

On ne connaît pas de machine élementaire qui change le mouvement rectiligne continu en mouvement rectiligne alternatif.

3.e SÉRIE.

Les machines de cette série changent le mouvement rectiligne continu en mouvement circulaire continu.

3 *A*, treuil; — 3 *B*, cric; — 3 *C*, roue mue par une chaîne dentée; — 3 *D*, roue mue par une chaîne de *Vaucanson* (*la chaîne est représentée de face et de profil*); — 3 *E*, vis avec écrou.

3^a *A*, vis avec deux écrous fixes et un écrou mobile.

3^a *B*, moulin à vent à une seule aile;

3^a *C*, moulin à vent à ailes horizontales; — 3^a *D*, moulin à vent à ailes verticales.

3ᵃ *E*, panemore; — 3^b *A*, roue à aube; — 3^b *B*, roue à coquilles *(plan et élévation)*; — 3^b *C*, roue à pot; — 3^b *D*, vis d'*Archimède*. 3^b *E*, roue mobile par la force centrifuge.

4.ᵉ SÉRIE.

Les machines de cette série changent le mouvement rectiligne continu en circulaire alternatif.

4 *A*, système de deux cuillers mobiles sur un axe;

4 *B*, leviers de *Lagaroust;* — 4 *C*, bateau et son ancre;

4 *D*, pendule hydraulique.

5.ᵉ SÉRIE.

Les machines de cette série changent le mouvement circulaire continu en mouvement rectiligne alternatif.

5 *A*, 5 *B*, courbes en cœur; — 5 *C*, courbes à couronne; — 5 *D*, machine composée d'une règle fixe portant rainure, d'un cercle mobile sur son centre, et d'une seconde règle mobile portant aussi une rainure; — 5 *E*, pignon fixe denté sur une demi-circonférence, et engrenant dans un châssis à double crémaillère.

5^a *A*, pignon fixe denté, suivant une demi-circonférence sur une épaisseur, et suivant l'autre demi-circonférence sur une seconde épaisseur : châssis mobile à deux crémaillères parallèles.

5^a *B*, châssis intérieur à crémaillère continue, avec un pignon mobile qui engrène successivement sur chaque côté de la crémaillère : châssis extérieur qui se rapproche ou s'éloigne du châssis intérieur, à la manière de deux règles parallèles.

5^a *C*, cames élevant ou abaissant un châssis mobile; — 5^a *D*, tige mobile entre deux collets, portant une rainure droite dans laquelle glisse une cheville qui est fixée sur un cercle mobile; — 5^a *E*, *idem*, avec cette différence que la rainure est courbe. — 5^b *A*, crémaillère mue par une roue dentée sur une demi-circonférence; — 5^b *B*, cames élevant un pilon qui retombe par son propre poids;

5^b *C*, cercle mobile sur son centre, et piston qui se meut entre deux collets ;

5^b *D*, cylindre à manivelle portant deux hélices égales, et de pas opposés en direction ;

5^b *E*, châssis mobile portant une crémaillère continue dentée à l'extérieur, et poussée par un pignon dont le centre se meut en ligne droite.

5^c *A*, châssis fixe portant une roue dentée qui engrène avec un pignon mobile excentrique, et d'un rayon moitié de celui de la roue. (*Cette machine est représentée en plan et en profil. L'effet qu'elle produit, résulte des propriétés des épicycloïdes planes.*)

5^c *B*, châssis mobile portant une roue qui est dentée à l'intérieur et à l'extérieur, et qui engrène dans un pignon dont le centre glisse dans une rainure droite : ce pignon peut passer de l'intérieur à l'extérieur de la roue, par une petite ouverture pratiquée dans la partie dentée de cette roue ;

5^c *C*, manivelle portant un plan incliné qui presse une tige mobile dans une rainure droite : un contre-poids ramène constamment la tige sur le plan ;

5^c *D*, levier coudé tirant une corde pesante qui passe sur une poulie ;

5^c *E*, levier coudé à branches fixes; une des branches est mue par une lanterne à fuseau cylindrique; l'autre branche soulève une corde pesante qui passe sur une poulie.

5^d *A*, cercle sur l'axe duquel est attachée une dent dont l'extrémité est engagée dans un levier terminé par un angle rentrant : un ressort fixé sur le cercle presse le levier sur la dent ; un obstacle fixe placé au dehors du cercle, a pour objet de dégager le levier de la dent.

4^d *B*, deux leviers à branches mobiles sur la charnière. (*L'effet de cette machine est produit par la force centrifuge.*)

6.e SÉRIE.

Les machines de cette série ont pour objet de combiner le mouvement circulaire continu avec lui-même.

6 *A*, roues et pignons dentés, les dents étant distribuées sur plusieurs épaisseurs ;

6 *B*, roues mobiles sur leurs centres, réunies par une même corde ou lanière ;

6 *C*, vis sans fin ;

6 *D*, roue portant plusieurs filets de vis de même pas, et soulevant les ailes d'un rouet *(plan et élévation)*;

6 *E*, engrenage conique.

6[a] *A*, système de trois poulies mues par une même corde ;

6[a] *B*, engrenage de roues dont les rayons changent de grandeur ;

6[a] *C*, roues coniques dont l'une est taillée en dents suivant les arêtes, l'autre porte des dents rangées en spirale *(plan et élévation)*;

6[a] *D*, fusée de montre *(plan et élévation)*;

6[a] *E*, pignon circulaire et mobile engrenant dans une roue elliptique.

6[b] *A*, système de deux poulies mues par un même tambour.

7.e SÉRIE.

Les machines de cette série ont pour objet de changer le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif.

7 *A*, roue à couronne dentelée qui presse contre la branche coudée d'un levier ;

7 *B*, levier dont l'extrémité roule sur une surface mobile autour d'un axe ;

7 *C*, manivelle à pédale ;

7 *D*, pédale communiquant par une corde à la gorge d'une poulie qui n'est fixée sur son axe que par un petit levier : un obstacle fixe, placé hors de la roue, soulève à chaque révolution le levier, et la pédale entraînant la roue détachée de l'axe, retombe par son propre poids ;

7 *E*, mouche ;

7[a] *A*, roue tournant à frottement sur son axe ; rochet placé sur la roue et engrenant dans une roue fixée à l'axe ; levier portant deux chaînes, dont l'une s'enveloppe sur l'axe ;

7^a *B*, 1.° roue portant une came qui presse un levier; 2.° un levier portant une came qui presse une cheville fixée sur une roue;

7^a *C*, cylindre à cames;

7^a *D*, levier de *Lagaroust*, appliqué à une roue à rochet;

7^a *E*, *idem*, ————— appliqué à une roue portant des fuseaux;

7^b *A*, *idem*, ————— appliqué à une roue à couronne.

7^b *B*, roue à rochet avec détente et levier;

7^b *C*, système de trois roues, dont l'une n'est dentée que sur la moitié de la circonférence;

7^b *D*, échappement à palettes; — 7^b *E*, échappement à ancre;

7^c *A*, échappement à chevilles; — 7^c *B*, échappement à cylindre.

8.e SÉRIE.

On ne connaît pas de machines pour combiner le mouvement rectiligne alternatif avec lui-même.

9.e SÉRIE.

Les machines de cette série ont pour objet de combiner le mouvement rectiligne alternatif avec le mouvement circulaire alternatif.

9 *A*, levier dont une branche est terminée par un arc de cercle denté, tandis que l'autre branche rectiligne est percée d'une rainure; l'extrémité circulaire de ce levier engrène dans une crémaillère, et la rainure glisse dans une cheville fixée à une roue mobile sur son centre;

9 *B*, système de deux poulies mues par une même chaîne, dont les extrémités sont attachées à égales distances de l'axe d'un levier droit;

9 *C*, suite de losanges, dont les côtés sont constans et les angles variables;

9 *D*, levier; — 9 *E*, *va et vient*, appliqué au foret;

9^a *A*, archet à forer; — 9^a *B*, tige verticale mobile entre deux collets, et un levier droit réunis par une bielle, dont les extrémités tournent sur le levier et la tige, qui portent deux tourillons fixes.

9^a *C*, parallélogrammes d'angles variables et de côtés constans; les

sommets de deux angles de ce parallélogramme sont mobiles sur deux tourillons fixés sur la branche d'un levier droit ; le sommet d'un troisième angle est mobile autour d'un point fixe ; le sommet d'un quatrième angle porte une tige droite qui s'écarte peu de la verticale dans le mouvement du levier droit ;

9^a *D :* Cette machine remplit le même objet que la précédente ; une tige verticale placée au milieu d'une bielle fixée aux extrémités de deux leviers droits, ne change pas sensiblement de direction ;

9^a *E,* châssis mobile avec deux pignons dont le mouvement de rotation sur leurs axes change de direction.

10.e SÉRIE.

Les machines de cette série ont pour objet de changer le mouvement circulaire alternatif en circulaire alternatif.

10 *A,* pendule avec roue à rochet ;

10 *B,* système de deux pendules ;

10 *C,* pédale du tour ;

10 *D,* roue tournant à frottement sur son axe ; — manchon glissant dans une partie carrée fixée à l'axe, au moyen d'un levier qui unit ce manchon à la roue ;

10 *E,* système de deux roues mues par une même corde ; la seconde roue tournant à frottement sur son axe, prend une position fixe par rapport à cet axe, au moyen d'un levier ; ce levier soulève la roue, jusqu'à ce que deux chevilles placées l'une sur l'axe, et l'autre sur le plan de la roue, se croisent à angles droits.

FIN DU PROGRAMME.

ERRATA.

PAG.	LIGNE.	FAUTES.	LISEZ.
11	22	suppléée,	supplée.
12	27	*Hennerol*,	*Hennert.*
20	25	*Rosberg*,	*Rosbery.*
21		*après* produit de l'industrie nationale,	*ajoutez* année 1806.
21	7	*abcol*,	*abcd.*
21	18	l'intérieur,	l'extérieur.
21	32	conducteur,	condensateur.
27	1 et 2	mouvemens alternatifs, tandis que le point *A* décrit les arcs depuis &c.,	mouvemens alternatifs depuis &c.
27	15	la distance 1,	la distance 01.
30	24	*Xy*,	*XY.*
31	24	pour tracer l'autre,	pour placer l'autre.
32	16	autres dents *a' a'* qui;	autres dents qui.
32	17	et une autre dent à la suite,	et une autre dent *a' a'* à la suite.
35	26	cannes,	cames.
41	22	et le montant,	et le mouton.
46	28	sur,	sous.
47	12	(*fig. F*),	(*fig. f*).
47	13	44,	4, 4.
55	28	*poncenelles* de *H*,	*poncenelles H.*
55	29	*vodes*,	*rodes.*
56	28	roue *a*,	roue *a'*.
56	28	roue *c*,	roue *c'*.
61	28	l'une de ces deux cordes est croisée,	*on doit supprimer ces mots.*
68	4	cliquet *a*,	cliquet *α*.
68	13	sur son axe en *C*,	sur son axe en *c*.
69	15	*X*,	*on doit supprimer cette lettre.*
71	8	*Krieglissen*,	*Kriegleissen.*
79	6	passe,	presse.
97	29	*cave*,	*curve.*

ESSAI

ESSAI
SUR LA COMPOSITION DES MACHINES (a).

Les mouvemens qu'on emploie dans les arts sont ou rectilignes, ou circulaires, ou déterminés, d'après des courbes données; ils peuvent être continus ou alternatifs (de va-et-vient), et on peut, par conséquent, les combiner deux à deux de quinze manières différentes, ou de vingt-une, si l'on combine chacun de ces mouvemens avec lui-même. Toute machine a pour but de changer ou de communiquer un ou plusieurs de ces vingt-un mouvemens.

Nous avons fait un tableau (*planche Ak 6*) composé de vingt-une suites de carrés horizontaux, dans lesquels nous avons placé tous les exemples de ces mouvemens que nous avons pu nous procurer. Les colonnes verticales sont marquées par des lettres, les horizontales par des chiffres, et on a indiqué par une lettre et un chiffre l'intersection de deux colonnes, l'une horizontale et l'autre verticale; par ce moyen, il devient aisé de trouver la place d'un carré déterminé. On a laissé des places vides destinées aux mouvemens échappés à notre mémoire, ou qui ne nous sont pas connus,

(a) Le texte de cet Essai sur les machines, par MM. *Lanz* et *Betancourt*, a été revu par M. *Hachette;* les figures ont été dessinées à l'École polytechnique, sous sa direction. Cet ouvrage sera précédé d'un sommaire des leçons que ce professeur fait à l'École polytechnique sur les moteurs, sur les machines en général, et sur celles qui sont particulièrement employées dans les arts de construction.

ainsi qu'à ceux que l'on inventera après l'impression de cet ouvrage.

Pour donner une forme plus commode à notre tableau, en évitant l'effet désagréable que produirait un trop grand nombre de places vides, on a pris le parti de consacrer quelquefois deux colonnes horizontales à un même numéro, et, dans ce cas, on les a marquées par un trait sur le chiffre. Quand nous n'avons pas trouvé la transformation immédiate d'un mouvement dans un autre, nous avons substitué à la colonne horizontale de petits carrés, une ligne d'écriture, indiquant les combinaisons auxiliaires du tableau, qui donnent la solution du problème.

Pour éviter des répétitions inutiles, nous avons consacré quelquefois le premier carré des colonnes horizontales, à un exposé très-court des mouvemens placés ailleurs dans le même tableau, qui peuvent aussi être placés dans la même colonne, soit dans l'état où ils se trouvent, ou en les modifiant par l'intermède d'un autre.

Chaque colonne horizontale sera l'objet d'un paragraphe désigné par le même numéro; on y annoncera le but qu'on s'est proposé; on donnera la solution générale des problèmes analogues à la transformation qu'on veut effectuer; on développera les cas particuliers ou les différens moyens d'exécution que nous connaissons, en indiquant les sources où nous aurons puisé ces connaissances; enfin on ajoutera des réflexions sur l'utilité de ces moyens, et sur les diverses machines auxquelles ils auront été appliqués.

Les figures du tableau général (*planche* A*k*6) ont été dessinées, d'après une plus grande échelle, sur dix planches cotées depuis le n.° 1 jusqu'au n.° 10; chaque figure d'une planche est désignée par les signes qui fixent sa position dans le tableau général; elle est de plus accompagnée des lettres nécessaires pour l'intelligence du texte.

§. I.

Le mouvement rectiligne continu avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne continu avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Les seuls moteurs dont l'action mécanique puisse être regardée comme agissant en ligne droite et continue, sont l'air (soit par son mouvement, son poids, son élasticité ou son expansion instantanée) et l'eau (par son mouvement, son poids, ou par la force expansive de sa vapeur) (a).

Une corde sans fin, tournant autour de deux poulies fixes, donne aussi l'idée du mouvement rectiligne, qui n'est que le mouvement circulaire et continu d'un cercle dont le rayon est infini. La translation en ligne droite d'un corps, d'un point de l'espace dans un autre, soit par sa propre volonté, soit par l'action d'un moteur quelconque, est un cas particulier du mouvement que nous avons indiqué par la dénomination de *rectiligne continu*, et qui comprend les machines funiculaires, et celles qui agissent par le moyen des poulies de renvoi ou des mouffles.

Les mouvemens (B 1.) et (C 1.) (*planche* 1) présentent la solution des problèmes de ce genre le plus en usage ; (D 1.), (E 1.), (F 1.), (G 1.), (H 1.) représentent le mouvement d'une ligne qui conserve toujours son parallélisme.

(a) On trouvera des exemples de l'expansion instantanée de l'air, produite par la combustion soit de la poudre, soit d'autres corps combustibles, et employée comme moteur dans le *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres, *volume I, page 154*, et dans le Recueil des ouvrages de *Jean de Haute-Feuille*, imprimé à Paris en 1694, dans un mémoire dont le titre est *Pendule perpétuelle ; la manière d'élever l'eau par le moyen de la poudre à canon, &c.* On voit que l'Académie des sciences s'occupait alors d'employer ce moteur pour élever les corps solides ; et dans un télégraphe hydraulique proposé par l'auteur, on trouve, peut-être pour la première fois, l'idée de communiquer l'action d'une puissance à de grandes distances, par le moyen de l'eau renfermée dans de longs tuyaux. Dans le tome VI, page 100 du *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres, on trouve un mémoire de *Bramah* sur cet objet.

On trouvera aussi des exemples de la pression de l'eau ou de l'atmosphère, employée comme moteur, dans le tome XIII, page 209 *des Annales des arts et des manufactures*, par M. *O'reylli*, où on donne la description de la machine de *Schemnitz* d'après *Jars ;* les améliorations proposées à la même machine par M. *Borwell ;* et la description de la machine de M. *Goodwin.*

(A 1.) *(Tableau général.) Planche* A *k* 6.

Si on transforme le mouvement rectiligne en circulaire par les moyens indiqués dans le §. *III, ce même paragraphe donnera quelques solutions du problème.*

(B 1.) , (B 1 *bis.*) *(Plan et élévation.) Planche 1.*

PROBLÈME 1.er Faire parcourir en ligne droite et avec une certaine vîtesse, la distance *a b* au point *a*, tandis que le point *c* parcourt la distance *c d* avec la même vîtesse, et réciproquement.

Ce problème peut se résoudre d'une manière générale, par le moyen d'une poulie de renvoi *e* (*fig.* B 1), ou de deux, si les deux points doivent se mouvoir dans des plans différens (*fig.* B 1 *bis*).

(C 1.)

PROBLÈME 2. C'est le même problème, mais avec la condition que le point *c* parcourre deux, trois, &c. fois moins d'espace que le point *a*.

On sait que l'on obtient aisément la solution générale de ce problème par le moyen des mouffles, et qu'ordinairement on a recours à cet artifice pour remuer de grandes masses. Ces moyens sont trop connus pour que nous nous y arrêtions plus long-temps ; on en trouvera des exemples dignes de l'attention des mécaniciens, dans les machines approuvées par l'Académie, dans l'ouvrage de *Sabaglia* et dans tous ceux qui traitent de la mâture des vaisseaux.

(D 1.)

PROBLÈME. Faire mouvoir une ligne conservant son parallélisme.

Ce mouvement est très-connu. Dans presque tous les étuis de mathématiques, on trouve un petit instrument semblable, destiné à tracer des parallèles.

(E 1.)

On trouve aussi dans quelques étuis de mathématiques cet instrument, qui est plus commode que le précédent. M. *Ramsdem* a fait l'application de ce mouvement à celui de l'alidade des planchettes.

(F 1.)

Même Problème. Les résolutions de ce problème que nous venons d'indiquer, ou ne sont pas susceptibles d'une grande exactitude, ou on ne peut les employer qu'en petit. Dans les *Mull-Jennys*, on a cependant besoin de faire parcourir aux chariots qui portent les fuseaux, et dont la longueur est de six à neuf mètres, un espace de treize décimètres, en gardant toujours le plus parfait parallélisme. Après avoir épuisé les moyens les plus coûteux et les plus compliqués, les Anglais ont enfin résolu ce problème d'une manière très-simple et avec une exactitude qui surpasse tout ce qu'on pouvait attendre. Soit *B* le chariot monté sur quatre roues *aaaa;* sur ce chariot est placé un système de fuseaux qui reçoivent de la machine leur mouvement de rotation (par le moyen G 8, *Tableau*). Soit *d* le point auquel est appliquée la puissance qui doit mettre en mouvement le chariot *B*, lequel doit conserver le plus exact parallélisme, ce que la longueur du chariot semble rendre impossible, et ce qui néanmoins s'obtient parfaitement au moyen de deux cordes *nmpq* et *rstu*. Les extrémités *n* et *q* de la première sont attachées à deux points fixes, et passent par deux poulies *sm*, *pt*. De même, les extrémités *r* et *u* de la seconde sont attachées à deux autres points fixes *r* et *u*, et passent sur deux poulies placées sur le même axe que les premières; les points *u*, *q* et *n*, *r* doivent être situés de manière que les lignes *uq* et *nr* soient parfaitement parallèles, et les cordes également tendues : le chariot *B*, dans la position primitive, doit se trouver perpendiculaire aux lignes *uq* et *nr*.

Dans la pratique, on satisfait très-aisément à toutes ces conditions; et le résultat, ainsi que nous l'avons déjà dit, est ce que l'on peut concevoir de plus parfait.

(G 1.)

Ce même problème se trouve résolu par le mouvement d'une règle *ab* sur deux rouleaux cannelés *c* et *d*, placés près de ses extrémités; les rouleaux doivent être d'un égal diamètre, et leurs plans parfaitement

parallèles : c'est par le seul frottement que la règle conserve son parallélisme ; mais quand on a besoin de faire des applications où il faut de grands efforts, tels que ceux qu'exige le chariot qui porte le foret pour forer les pièces d'artillerie, les rouleaux doivent être dentés pour engrener dans des crémaillères de fer fixées sur de grosses pièces de bois. On ajoute quelquefois, au milieu de cette règle, un cadran qui sert à indiquer la marche de la règle par le moyen d'une aiguille : dans ce cas, on peut tracer des lignes parallèles dont les distances soient dans un rapport donné.

(H 1.)

Soit un coin *A*, qui peut glisser, suivant sa longueur, entre quatre piliers *cd*, *ef*, tandis qu'un autre coin *B* est arrêté par des goupilles, ou, ce qui vaut mieux, afin de diminuer les frottemens, par les rouleaux *k*, *g*, *h*, *i* fixes dans le même coin, et qui touchent les piliers : il est clair que si l'on pousse le coin *A* de *f* vers *d*, la ligne *nm* du coin *B* s'élevera conservant son parallélisme.

Quoiqu'on voie l'application de ce mouvement dans quelques arts, et particulièrement dans les pédales du forté-piano qui porte sourdine, nous croyons qu'il est susceptible d'applications plus générales. M. de *Betancourt* fit en Angleterre une application qui eut un grand succès, pour lever le cylindre inférieur d'un grand laminoir : il est persuadé aussi que par ce moyen on peut diviser une ligne droite en autant de parties qu'on voudra, avec la même exactitude qu'on divise le cercle au moyen de la plate-forme.

(I 1.)

Belier hydraulique de M. *Montgolfier*. On trouve la description de cette machine dans le *Journal de l'École polytechnique*, cahier XIV ; dans le *Journal des Mines*, n.os 48, 64 et 66 ; dans le *Repertory of Arts, &c.* Tom. IX ; dans le *Journal de Physique*, fév. 1798 ; et dans le n.o 19 du *Bulletin de la Société d'encouragement*.

Le courant d'une rivière, ou une chute d'eau, que nous avons regardé

comme un moteur qui agit dans une direction constante et rectiligne, produit un mouvement alternatif dans une soupape; et celle-ci, secondée d'un réservoir d'air, donne un écoulement continu d'eau que nous avons aussi regardé comme mouvement rectiligne continu.

§. II.

Le mouvement rectiligne continu avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable, d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

ON transformera le mouvement rectiligne en circulaire, par les moyens indiqués §. III, et tous les exemples du §. VII se placeront ici.

Ayant regardé une chute d'eau comme un mouvement rectiligne continu, si on suppose un vase qui reçoive cette eau, et qui se vide après par le moyen d'un siphon; un flotteur renfermé dans le vase, montera et descendra alternativement : tel est le moteur qu'on trouve dans l'ouvrage dont le titre est *Utilissimo tratato del Aque correnti, &c.* dal Cavalier Carlo-Fontana. *In Roma. M. DC. XCVI.* — MM. *Bossu* et *Solage* ont fait l'application de ce moteur à un modèle de moulin à blé qui se trouve dans le conservatoire des machines; mais au lieu d'un siphon, ils ont profité du mouvement de la tige du flotteur pour ouvrir et fermer les soupapes par où l'eau s'introduit dans le vase et s'échappe ensuite; nous n'avons pu nous rendre compte des motifs qui ont décidé ces mécaniciens distingués à transformer le mouvement alternatif rectiligne de la tige du flotteur en circulaire alternatif, et ensuite en circulaire continu, au lieu de se passer d'un intermède inutile, qui fait perdre à la puissance plus de la moitié de son effet (a).

(a) On emploie le mouvement d'un flotteur pour conserver le niveau de l'eau, soit dans les chaudières des pompes à feu, ou dans des réservoirs, entre des limites déterminées. Dans l'*Architecture hydraulique* de M. *de Prony*, II.e vol., on trouve la description d'un moyen de régler la vîtesse d'une machine à vapeur, inventée par M. *de Betancourt*, par le moyen d'un flotteur muni d'un siphon.

Les pompes à feu, où la vapeur de l'eau peut aussi être regardée comme une puissance qui agit toujours dans une direction rectiligne, et produit le mouvement alternatif du piston ; celles à eau qu'on trouve dans quelques mines de Hongrie, et dans lesquelles une colonne d'eau agit et produit les mêmes effets que la vapeur dans les précédentes ; celles dans lesquelles on emploie comme moteur l'expansion instantanée de l'air, produite par la combustion; toutes ces machines doivent trouver leur place ici, quoique d'une manière indirecte ; mais comme cette transformation du mouvement rectiligne continu du moteur en rectiligne alternatif du piston, exige des moyens plus ou moins compliqués, on doit les regarder plutôt comme machines que comme simples transformations élémentaires, c'est pourquoi nous avons cru qu'il suffisait de les indiquer.

§. III.

Le mouvement rectiligne continu, avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en circulaire continu avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 3.)

UN cylindre tournant sur son axe, et une corde qui enveloppe sa surface donnent la solution générale de ce problème et de celui qui lui est réciproque. Ce moyen est assez connu pour nous dispenser d'entrer dans des détails.

(B 3.)

On a substitué à la corde employée dans le mouvement qui précède, une chaîne sans fin, garnie de dents qui s'engrènent dans une roue dentée qui fait corps avec le cylindre.

(C 3.)

Une Vis avec son écrou.

Si l'écrou est fixe et que la vis tourne, la vis aura un mouvement

composé

composé de rotation et de translation en ligne droite : c'est ainsi qu'on l'emploie dans les arts pour pénétrer les corps durs, pour les réunir entre eux, pour soulever des fardeaux très-pesans, et dans quelques outils d'horlogerie, tels que les *fraises.* On place l'axe de la fraise de manière que ses extrémités soient soutenues, ou immédiatement par deux vis dont les écrous sont taraudés dans les *poupées* du tour, et par ce moyen tournant les deux vis à-la-fois en sens opposés, on communique à la fraise le mouvement rectiligne dont on a souvent besoin; ou, ce qui est encore préférable, on le soutient par deux cylindres d'acier qui traversent les poupées, et on place à côté les deux vis dont les écrous sont aussi taraudés dans les mêmes poupées : dans ce cas, les têtes des vis sont assez larges pour s'appuyer contre les extrémités des deux cylindres qui soutiennent l'axe de la fraise, et, en les tournant en sens opposés, agissent sur les cylindres et communiquent à la fraise un mouvement de translation qui est plus doux que celui qu'on obtient dans le cas précédent.

Si c'est la vis qui tourne sans pouvoir changer de place, il faut que l'écrou ne puisse tourner, mais qu'il ait la liberté de se mouvoir dans la direction de la vis ; et dans ce cas, les deux mouvemens circulaire et rectiligne se trouvent partagés; le problème se trouve résolu directement, puisque c'est le mouvement circulaire qui est transformé en rectiligne. Il est vrai que le mouvement rectiligne imprimé à l'écrou produirait aussi un mouvement de rotation dans la vis, et par conséquent l'inverse du problème a lieu; mais on l'emploie très-rarement, à cause de son grand frottement.

On a souvent besoin d'arrêter la vis à son écrou, de manière à ce qu'on ne puisse changer leur position relative, soit par mégarde, soit par un accident quelconque, ou par le mouvement et les secousses que la vis ou son écrou peut recevoir de la machine dont ils font partie ; on obtient cela très-facilement par le moyen d'un autre écrou qui vient s'appuyer contre celui qu'on veut fixer : comme le second écrou tend à pousser le premier dans la direction de la vis, et que le frottement

est très-grand dans ce cas, comme nous l'avons déjà observé, l'action qu'il exerce n'étant pas assez forte pour vaincre cette résistance, parce que la réaction de l'écrou qu'on presse réagit sur celui qu'on emploie, et augmente à proportion sa résistance, l'un et l'autre restent immobiles.

La vis est une des machines le plus en usage dans les arts; elle entre comme auxiliaire dans presque toutes; elle change de forme, eu égard tantôt à la matière dont l'instrument est composé, tantôt au but qu'on s'est proposé en l'employant.

On a souvent recours au système de deux vis parallèles pour communiquer à une longue planche un mouvement rectiligne conservant son parallélisme; c'est d'après ce principe que sont construites plusieurs presses.

On trouve dans le IV.[e] vol. des Machines approuvées par l'Académie, la manière d'employer les vis, proposée par M. *Jacques Le Maire;* il en fait l'application à une presse, et le rédacteur dit : « Cette manière » d'employer les vis est très-ingénieuse; elle peut servir en une infinité » d'occasions, et produire de grands effets. Cette invention a été trouvée » par M. le chevalier *de Ville;* il emploie cette machine pour écarter » des grilles ; il en fait voir l'application dans son *Traité de fortifications,* » *de l'attaque et de la défense des places*, pag. 228, pl. 37, imprimé à Lyon » en 1629. Elle a été encore donnée ailleurs. »

Si dans un même cylindre on trace deux vis dont la direction soit contraire, on donnera au même temps deux mouvemens rectilignes en sens opposés à deux écrous.

(D 3.)

M. *de Prony* a trouvé une manière de transformer le mouvement circulaire en un autre rectiligne, dont la vîtesse soit aussi petite que l'on voudra. C'est au moyen d'une vis telle qu'on évite l'inconvénient résultant de ce que le pas de la vis soit trop petit, inconvénient qui contribue à l'inexactitude et au peu de durée des micromètres ordinaires. L'idée en est extrêmement simple, heureuse; elle est d'ailleurs susceptible de plusieurs applications aux arts.

AB est un axe divisé en trois parties, *ab*, *cd*, *ef*; les deux vis *ab*, *ef* sont du même pas; elles traversent deux supports fixes *C*, *D* où il y a deux écrous; cet axe se meut horizontalement, et parcourt, à chaque tour, un espace égal au pas de vis; *cd* forme une autre vis dont le pas est moindre ou plus grand que celui des vis *ab*, *ef*, d'une quantité aussi petite qu'on voudra : on y introduit un écrou *M*, où l'on fixe le fil du micromètre; cet écrou ne peut pas tourner en même temps que l'axe, car il en est empêché par la banquette *EF*; mais il parcourt, à chaque tour de l'axe, un espace égal à celui de son pas de vis; il participe par conséquent de deux mouvemens opposés, l'un, celui de la translation absolue de l'axe, et l'autre, relatif à cet axe même; en sorte qu'il ne parcourt que la différence de ces deux mouvemens. Soit a le pas des vis *ab*, *ef*, a' celui de la vis *cd*; après n révolutions de l'axe, le support *M* aura parcouru un espace $= na - na' = n(a - a')$; mais $a - a'$ peut être aussi petit qu'on voudra, a et a' étant aussi grands que les circonstances l'exigeront, c'est-à-dire, d'une grandeur telle que les vis aient toute la solidité qu'on puisse desirer. C'est ainsi que M. *de Prony* est parvenu à une solution aussi simple qu'ingénieuse du problème qu'il s'était proposé.

Dans l'exécution, il est difficile de faire les deux vis *ab*, *ef* tellement égales qu'on ne trouve quelque résistance dans les écrous; on peut supprimer l'une des deux, qui peut être suppléée par un axe simple.

(E 3.)

Une spirale enveloppant un cylindre, présentée à un courant d'air ou d'eau, change le mouvement rectiligne de ces fluides dans un autre circulaire, et la vis d'*Archimède* peut être regardée comme la méthode inverse du problème (a).

(a) Sur la théorie de la vis d'*Archimède*, on peut consulter l'*Hydrodynamique* de *Daniel Bernoulli*; un Mémoire de M. *Pitot*, imprimé dans les Mémoires de l'Académie des sciences pour 1736; un autre de M. *Euler*, dans les Mémoires de l'Académie impériale de Pétersbourg, tome V, année 1754; l'ouvrage du P. *Belgrado*, dont le titre est *Theoria cochleæ Archimedis*,

Le procédé pour construire cette spirale, se trouve dans la Collection des machines approuvées par l'Académie des sciences de Paris, tome VII, n.° 479, où M. *Dubost* propose ce moyen pour la construction d'un moulin sur le Rhône. M. *du Quet* (tome V, n.° 338) l'a proposé pour une machine destinée à faire remonter les bateaux. On l'applique aussi au mouvement des tourne-broches, par le courant d'air qui s'élève dans une cheminée, et à d'autres machines qu'on a proposées pour servir de loc, afin de mesurer la marche des vaisseaux.

(F 3.)

Roue verticale à palettes.

(G 3.)

Roue horizontale à palettes recourbées.

(H 3.)

Roue à pots ou godets.

M. *de Borda*, dans un Mémoire sur les roues hydrauliques, imprimé dans les Mémoires de l'Académie de 1767, trouve les résultats théoriques qui suivent :

Roue à Aubes ou Palettes, qui se meut par le choc de l'eau.

Premier cas. Si l'eau tombe le long d'un plan incliné sur les palettes obliques d'une roue horizontale, et qu'on nomme A l'angle formé par le plan incliné et une ligne verticale, H la hauteur de la chute d'eau sur les palettes, g la force accélératrice de la gravité, et V la vîtesse de la roue, il faudra, pour que cette roue produise le plus grand effet possible, 1.° que la direction du fluide fasse un angle droit avec le plan de la palette qu'il frappe ; 2.° que l'on ait $V = \frac{\sqrt{(2gH)}}{2 \sin. A}$. Si la force

---

ab observationibus, experimentis et analyticis rationibus ducta, ann. 1767 ; le prix adjugé en 1765, par l'Académie de Prusse, à M. *Jean-Frédéric Hennerol ;* et l'ouvrage de M. *Paucton,* sur la théorie de la vis d'*Archimède.*

de cette roue était employée à élever des poids tout le long du plan incliné, les poids élevés ne seraient jamais que la moitié du poids de l'eau descendue.

Deuxième cas. Dans les roues verticales ordinaires, telles que celle (F 3), on aura $V = \frac{1}{2} \sqrt{(2gH)}$ pour le cas du *maximum* de l'effet possible, c'est-à-dire, qu'il faudra que la vîtesse des palettes de la roue soit la moitié de celle du fluide qui les fait mouvoir. L'effet de cette roue est le même que celui de la roue précédente.

Troisième cas. Si la roue est horizontale et les palettes courbes (G 3), en supposant que l'eau entre dans ces courbes sans les frapper et qu'elle sorte horizontalement par la partie inférieure : nommant h la distance verticale entre la partie supérieure et inférieure de la courbe, on aura, dans le cas du *maximum* de l'effet possible de la roue, $V = \frac{g(H+h)}{\text{sin.}\, A \sqrt{(2gH)}}$. Si la force de cette roue était employée à élever des poids depuis le bord supérieur des palettes jusqu'à la surface du réservoir qui fournit l'eau, la somme des poids élevés pourrait être égale au poids de tout le fluide descendu.

Roue à Pots ou Godets, qui se meut en partie par le choc et en partie par le poids de l'eau. (H 3.)

On suppose que toute l'eau puisse être contenue dans les godets. Soit R le rayon de la roue, H la distance verticale entre la surface du fluide et la partie plus basse de la roue, h la distance verticale entre la surface du fluide et le point de la roue où il commence à entrer dans les pots.

Il faudra, pour que la roue produise le plus grand effet possible, 1.° qu'on ait $V = \frac{1}{2} \sqrt{(2gh)}$, c'est-à-dire, qu'il faudra que la circonférence de la roue prenne la moitié de la vîtesse du fluide qui la frappe ; 2.° que $h = 0$, c'est-à-dire, que le diamètre de la roue soit égal ou plus grand que la distance entre sa partie inférieure et la surface du fluide, et que, dans les deux cas, le fluide entre dans la

circonférence de la roue au niveau du fluide, et, par conséquent, avec une vîtesse infiniment petite; d'où il suit que la vîtesse de la roue doit aussi être infiniment petite.

Cette roue peut élever, depuis sa partie inférieure jusqu'à la surface du réservoir qui fournit l'eau, une quantité de poids égale au poids de toute l'eau qui la fait mouvoir.

M. *Borda* termine son Mémoire par les réflexions suivantes sur l'application de ses recherches à la pratique.

Des Roues verticales à Palettes et à Aubes.

« Ces roues pourraient produire la moitié du plus grand de tous les » effets possibles, si les palettes, en tournant dans leur petit canal, en » remplissaient exactement tout le passage, et ne laissaient échapper » aucune partie du fluide, sans lui avoir ôté la vîtesse qu'il a de plus » qu'elles; mais on est obligé, pour éviter le froissement de ces palettes » contre les bords et les fonds du canal, de laisser un petit intervalle » entre elles et ce canal; ce qui en même temps donne à une partie » du fluide la liberté de s'échapper sans exercer son action. Il n'est pas » possible de déterminer la diminution d'effet qui provient de cette » cause, puisqu'elle dépend du plus ou du moins de perfection de l'ou- » vrage; mais je crois qu'il est rare que dans la pratique l'effet de cette » roue soit les $\frac{3}{8}$ du plus grand de tous les effets possibles, quoique » dans la théorie il pût en être la moitié. »

Des Roues horizontales à Palettes planes.

« Celles-ci ne perdent pas, à beaucoup près, une aussi grande » quantité de l'action du fluide que les précédentes, et par conséquent » elles doivent leur être préférées, lorsque la quantité de chute que l'on » a, ou d'autres circonstances, permettent également de faire usage des » unes et des autres : mais voici encore un avantage particulier dont » ces roues jouissent; nous avons vu dans la solution que nous avons » donnée, qu'elles peuvent toujours produire leur plus grand effet

» possible, pourvu qu'on laisse prendre à leurs palettes une vîtesse » $= \frac{\sqrt{(2gH)}}{2 \sin. A}$. Or, cette quantité augmentant à proportion que sin. A » diminue, il s'ensuit que, sans rien perdre de l'effet de ces roues, on » peut, en diminuant l'angle A, augmenter considérablement la vîtesse » des palettes, suivant l'exigence des machines qu'on veut faire mouvoir; » au lieu qu'il n'y a qu'une seule vîtesse, savoir la moitié de celle du » fluide, qui convienne au plus grand effet possible des roues verticales. »

Des Roues horizontales à Palettes courbes.

« Ces roues n'ont pas sur les précédentes tout l'avantage que la théorie » leur assigne, parce qu'il est comme impossible dans la pratique que » toutes les parties du fluide entrent dans les courbes, en suivant une » direction convenable, et en sortent dans une direction horizontale, » comme cela devrait être pour le plus grand effet possible. Malgré ces » défauts et quelques autres qu'il serait trop long de détailler, ces roues » sont toujours supérieures aux roues horizontales à palettes planes, et » à plus forte raison aux roues verticales, pourvu qu'on ait une chute » d'eau suffisante. Par exemple, je crois qu'avec une chute de 5 ou 6 » pieds, on peut faire une roue horizontale à palettes courbes, dont » l'effet soit à celui des roues verticales ordinaires, au moins comme » 3 est à 2. »

Des Roues à Godets.

« Nous avons dit que pour qu'une roue à godets produise son plus » grand effet possible, il faut, 1.° que son diamètre soit égal à toute » la hauteur de la chute, ou plus grand que cette hauteur; 2.° que » l'eau entre dans les godets au niveau de la surface du réservoir; » 3.° que la vîtesse de la roue soit infiniment petite : mais, quoique » le plus grand effet possible n'existe réellement que lorsque ces trois » conditions sont observées, on peut néanmoins donner au fluide une » petite chute, et à la roue une assez grande vîtesse, sans que pour » cela l'effet s'éloigne beaucoup de celui qui est le plus grand. »

En effet, l'auteur prend pour exemple particulier une roue de 11 pieds de diamètre, placée de manière que la distance de la surface du réservoir, à son point le plus bas, soit de 12 pieds, et que l'eau entre par le point le plus élevé de sa circonférence ; et en supposant qu'on laisse prendre aux godets une vîtesse de près de 4 pieds par seconde, il résulte que son effet sera, à son plus grand effet possible, $= 11 : 12$. Si on avait besoin de donner 6 pieds de vîtesse par seconde, il trouve que le plus grand effet possible ne serait diminué que d'un dixième seulement.

On voit par cet exemple, dit-il, « que les roues à godets produisent, » à peu de chose près dans la pratique, le plus grand de tous les effets » possibles ; au lieu que nous avons dit que les roues verticales ordi- » naires ne produisaient au plus que les $\frac{3}{8}$ de cet effet, et que les deux » espèces de roues horizontales en produisaient seulement, l'une un » peu moins, l'autre un peu plus de la moitié.

» Au reste, l'emploi des différentes espèces de roues que je viens » d'examiner, dépendant de la chute d'eau dont on peut disposer, de » la nature des machines qu'on veut faire mouvoir, et enfin de plusieurs » autres circonstances particulières, on ne peut assigner généralement » les avantages d'une espèce sur l'autre ; mais d'après les principes que » je viens de donner, on pourra aisément, dans chaque cas, en faire » une comparaison assez exacte. »

(I 3.) *Planche 2.*

Moulin à vent à Roue horizontale.

Il n'y a point de machine plus universellement répandue que les moulins à vent, et il n'y en a point dont les vrais principes théoriques soient aussi peu connus, et qui soient sujets à un aussi grand nombre d'inconvéniens; car les ailes ne tournant que par une impulsion directe du vent, l'effort qui tend à les renverser est souvent plus considérable que celui qui tend à les faire tourner ; d'où il résulte qu'on est obligé de donner aux ailes une grandeur démesurée, ce qui augmente beaucoup les frottemens, rend la manœuvre difficile et dangereuse par un vent fort,

fort, et expose quelquefois les moulins à être détruits, sur-tout en temps d'ouragan.

La grandeur des ailes occasionne une résistance latérale très-considérable; si l'on joint à cette considération l'obliquité qu'il faut donner aux ailes pour obtenir le *maximum* de l'effet de la machine, on verra qu'il s'en faut bien que l'effet des moulins soit tel qu'il devrait être, eu égard à la grande surface des ailes. La nécessité de présenter continuellement les ailes au vent, est un des plus grands inconvéniens : comme le vent varie à chaque instant, il arrive de là que sa direction n'est presque jamais telle qu'elle devrait être; quelquefois même le vent saute subitement d'un point de l'horizon au point opposé, et alors le moulin court le plus grand risque d'être brisé : d'ailleurs l'embarras du cabestan et la difficulté de le manœuvrer avec promptitude font perdre beaucoup de temps, et exigent du travail inutile.

Il est vrai que dans les petits moulins à vent, on se sert d'une girouette qui dirige d'elle-même les ailes dans la direction du vent; ainsi, de quelque côté qu'il souffle, il se trouve toujours orienté. Un de nous a vu en Angleterre l'application d'une petite girouette agissant sur un grand cercle horizontal et denté, par le moyen d'une vis sans fin, et qui servait à orienter un grand moulin; mais les grandes girouettes appliquées aux petits moulins, ainsi que les petites girouettes aux grands moulins, offrent de trop graves inconvéniens, soit de construction, soit de dépense, pour pouvoir être généralement adoptées.

Toutes ces raisons ont engagé les mécaniciens à chercher les moyens d'employer plus directement l'effort du vent, faisant en sorte que le moulin se trouve toujours orienté de lui-même sans qu'on fût obligé d'y toucher. Un des plus remarquables est celui des moulins hollandais, dans lesquels on emploie une roue horizontale à ailes mobiles, dont une partie se trouve sans cesse dans la direction du vent, tandis que l'autre est entièrement exposée à son impulsion, et le force, par conséquent, de tourner jusqu'à ce que la puissance cesse, ou que quelque autre cause arrête le mouvement des ailes.

Si on imagine, 1.° que *C* 1, *C* 2, *C* 3, *C* 4, *C* 5, *C* 6 représentent une roue formée par six cadres fixés à l'arbre *C*; 2.° que *ek, dy, bi, ah, gm, fl* soient des girouettes fixées à ces mêmes cadres par leurs pivots δ, qui sont placés de manière à ce que les surfaces de ces girouettes soient partagées en deux parties inégales par l'axe de rotation ; si on place dans les cadres les obstacles *r*, formés par des cordes verticales, de manière que la distance entre chaque obstacle et les pivots de la girouette qui tient au même cadre soit plus petite que la plus grande largeur de la girouette, et que, par conséquent, elles puissent tourner librement, sans pouvoir cependant passer au-delà de la direction des cadres (ce qu'on peut obtenir par d'autres obstacles, tels que d'autres cordes placées entre celles dont nous venons de parler et les points de rotation), il sera facile de voir que, quelle que soit la position où se trouvent les girouettes dans un temps calme, à peine le vent commencera à souffler, n'importe quelle soit sa direction, les girouettes s'orienteront d'elles-mêmes, dans l'instant même, de manière à faire tourner l'axe *C* toujours dans le même sens, circonstance précieuse, qui aurait donné un avantage décidé à ce genre d'ailes sur les ailes verticales, si d'autres inconvéniens très-graves ne les avaient pas discréditées. Celui que nous regardons comme le plus marquant, est la grande résistance qui résulte de l'action entre le vent et la partie de la roue qui se meut en sens contraire à sa direction ; les secousses continuelles des girouettes contre les cordes, diminuent l'effet de ces machines, et tendent à les détruire; en vain on a tâché de diminuer cet effet en multipliant le nombre des girouettes sur le même cadre; l'expérience démontre chaque jour que les inconvéniens sont plus grands que les avantages, dans les moulins à vent à roue horizontale.

(K 3.)

Moulin à vent, à roue verticale.

Ces moulins sont composés 1.° d'un arbre tournant *B*, incliné à l'horizon de huit à quinze degrés ; 2.° de quatre pièces de bois *BC, BD*,

BE, BF, de 12 mètres de long chacune, perpendiculaires à l'arbre *B* : elles sont fixes à l'arbre vers son extrémité supérieure, et de quatre ailes soutenues par ces pièces de bois.

Chaque aile commence à 2 mètres de l'arbre tournant *B*, et se termine à l'extrémité de la pièce de bois qui la soutient, par conséquent à 10 mètres de long ; leur largeur est d'un peu plus de 2 mètres. Selon MM. *Monge* et *Hachette*, on peut regarder chaque aile comme une surface gauche engendrée par le mouvement d'une ligne droite perpendiculaire à la pièce qui soutient l'aile, et qui se trouvant au commencement de l'aile, c'est-à-dire, le plus près de l'arbre tournant, formerait avec celui-ci un angle de 60° du côté du vent ; cette droite parcourt avec un mouvement uniforme, toute la longueur de la pièce qui soutient l'aile, restant toujours perpendiculaire à cette pièce, mais augmentant uniformément l'angle qu'elle forme avec l'arbre *B* tournant, de manière à ce que, à l'extrémité de l'aile, cet angle qui était de 60° au commencement, soit devenu de 78° si l'arbre *B* a 8° d'inclinaison avec l'horizon, ou de 84° si l'inclinaison est de 15°, et proportionnellement dans les inclinaisons intermédiaires.

Les positions de la ligne génératrice servent à fixer celles des traverses, et leur ensemble forme un *châssis* qui reçoit la voile qui doit former l'aile.

On peut aussi regarder chaque aile comme une surface gauche, engendrée par le mouvement d'une ligne droite perpendiculaire à la pièce qui soutient l'aile, et sujette à toucher, dans toutes ses positions, la ligne droite menée par les extrémités correspondantes de la position que la ligne génératrice doit avoir dans les deux extrémités de l'aile, d'après ce que nous venons de dire.

Les dimensions que nous venons de donner sont celles qu'on emploie généralement dans la Flandre, principalement auprès de la ville de Lille, selon M. *Coulomb*, Mémoire de l'Académie des sciences pour 1781 ; Mémoire que nous conseillons de consulter.

Il fait une évaluation de l'effet total de ces moulins, et estime « qu'ils » travaillent toute l'année 8 heures par jour, en élevant un poids de » 1,000 livres à 218 pieds par minute. »

« Supposant, dit M. *Coulomb* avec D. *Bernoulli*, qu'un homme, » employant ses forces de la manière la plus commode, ne peut élever, » en travaillant 8 heures par jour, qu'un poids de 60 livres, à un pied » par seconde, ce qui donne 1728000 livres élevés à un pied pour » l'effet journalier, on aura, pour 8 heures de travail par jour, un » poids de 1000 livres élevé à 3 pieds $\frac{6}{10}$ par minute ; et comme nous » venons de trouver que notre moulin, en travaillant 8 heures par jour, » élève un poids de 1000 livres à 218 pieds dans une minute, son effet » équivaut au travail journalier de 61 hommes. »

Dans les Mémoires de Berlin pour l'année 1756, on trouve un Mémoire de M. *Euler* sur la théorie des moulins à vent ; il trouve que l'aile doit former avec l'axe, dans la partie immédiate à cet axe, un angle de $54^\circ\ 44'$, et à son extrémité un angle de 80°, et que la vîtesse de l'extrémité de l'aile doit être à celle du vent $= 2 + \frac{1}{4} : 1$.

On peut aussi consulter un Mémoire de M. *Lambert* dans les Mémoires de Berlin pour 1775.

Les dimensions des ailes des moulins à vent, leur forme, la manière de les orienter, les moyens de déployer et de retirer les voiles, sont autant de problèmes qui ont mérité l'attention des savans et des artistes de tous les temps.

On peut consulter les ouvrages suivans :

Description de l'art de construire les Moulins, par *Beyer*, augmentée par *Weinhold*. Dresde, 1788, in-fol.

Dessins artificiaux de toutes sortes de Moulins à vent, &c., par *Jean de Strada de Rosberg*, publiés par *Octave de Strada*. Francfort, 1617 et 1629, in-fol.

Schapp — *Théâtre de Moulins*, partie mécanique, I.re partie, avec cinq Supplémens. Francfort, 1766, in-4.

Presque toutes les collections de machines offrent quelques variétés de moulins à vent (1).

---

(1) Comme, par exemple, dans la *Collection des machines approuvées par l'Académie*, tom. I.er, pag. 105 et 107, et dans le tom. VII, pag. 117.

On trouvera aussi la description de deux moulins à vent qui méritent quelque attention, dans les *Annales des arts et manufactures*, n.° 20 et n.° 41.

(L 3.)

M. *Verzy* a présenté à l'exposition des produits de l'industrie nationale une machine à vapeur, que nous allons décrire, dont le mouvement est continu.

Soit *abcol* la coupe perpendiculaire à l'axe *C* d'un cylindre, dont la hauteur est égale à la distance *mn*, qui le sépare d'un autre cylindre *efghie* qui pénètre le premier, de manière que leurs axes se confondent, et que la surface du dernier s'ajuste exactement aux bords des surfaces supérieure et inférieure du premier; il y aura entre les deux cylindres une espèce de canal circulaire, dont la coupe horizontale sera *kebfhlmnke*, et la hauteur égale au plan *mn*, qui est attaché au cylindre extérieur et qui en interrompt la continuité.

Les bases du cylindre intérieur sont fermées par des planches de métal faisant un petit rebord sur les couronnes du cylindre extérieur; elles sont assujetties à l'axe *C*, de manière que le cylindre intérieur puisse tourner librement autour de son axe, en supposant fixe l'intérieur.

On a pratiqué dans la surface courbe du cylindre intérieur deux ouvertures diamétralement opposées, *ei*, *gh* égales en hauteur et en largeur à celles du canal circulaire; on a ouvert deux portes ou soupapes angulaires *kei*, *ghl*, qui tournent sur leurs axes *e* et *h*, et tendent à refermer en même temps ces ouvertures, ainsi que le canal, au moyen de deux ressorts en spirale *epq*, *hrs*, qui sont dans la partie supérieure des axes, et dont la force élastique peut augmenter ou diminuer à volonté. Les axes sortent hors de la base supérieure, et ont chacun une manivelle dont les positions se projettent dans les directions *ek*, *hl*.

La surface courbe du cylindre est percée par deux trous circulaires, l'un où vient aboutir le tube *A*, conducteur de la vapeur, et l'autre communiquant avec le conducteur au moyen du tube *B*.

Cela étant compris, si l'on suppose que la vapeur entre par le tube *A*, le plan *mn* s'oppose à son passage, tandis que les deux côtés *ke*, *ei* de la soupape angulaire lui présentent la même surface; par conséquent, elle ne changera pas de situation, et son bord s'appuyera sur celui du cylindre intérieur avec toute la force du ressort *epg*, et ce cylindre tournera dans la direction *abc*. Avant que *ke* arrive au trou *B*, qui communique avec l'injection, la manivelle qui est en *h* aura rencontré l'obstacle *o*, qui est une petite barre fixée à la couronne supérieure du plus grand cylindre, et aura forcé à tourner en dedans la soupape angulaire *ghl*, parcourant ainsi sans difficulté le plan fixe *mn*, de sorte que quand il aura repris sa première position, *kp* aura passé le trou *B*, et le vide se sera formé dans la partie *keblrfsp* du canal, et tout sera dans l'état représenté par la figure; seulement le cylindre intérieur aura fait une demi-révolution. L'action de la vapeur continuera à communiquer à l'axe *C* un mouvement continu de rotation, que l'on pourra appliquer à tel usage que l'on voudra.

Il y a long-temps qu'on a construit en Angleterre différentes machines semblables. On trouvera leur description dans le *Répertoire des arts et manufactures*.

(M 3.) (*Plan et élévation.*)

Panemone. Cette machine a pour objet la transformation immédiate du mouvement rectiligne du vent, en circulaire; c'est un moulin à tout vent, plus curieux qu'utile.

Soit *ACEG* l'équateur d'une sphère dont le rayon est *AL*, et *APEP'* la projection verticale du méridien qui coupe l'équateur dans le diamètre *AE*. Dans la partie supérieure du plan de l'équateur, on tracera les deux diamètres *AE*, *CG* perpendiculaires l'un à l'autre, et dans la partie inférieure du même plan, les deux autres diamètres *BF*, *HD* qui forment, avec les précédens, des angles de 45°.

Dans la partie supérieure du plan de l'équateur, on a construit quatre trombes, formées par les surfaces des cônes dont les sommets se trouvent

en *E, G, A* et *C,* et dont les bases sont les courbes à double courbure qui résultent de l'intersection de la surface de la sphère avec les cylindres droits qui coupent l'équateur selon les courbes *LeF,* &c. tangentes aux lignes *LE, FE : LG, HG :* &c. et par les parties correspondantes des surfaces des deux méridiens *AE, CG* et de l'équateur.

Dans la partie inférieure du plan de l'équateur on a placé aussi quatre trombes construites d'après les mêmes principes, les sommets des cônes se trouvent en *B, D, F, H.*

Les courbes *LeF* ont été tracées par les principes de la géométrie descriptive, c'est-à-dire, on a mené la ligne *EM* du sommet *E* du triangle *LEF* à la moitié de sa base, on a élevé en *M* la perpendiculaire $ME' = ME$; on a tracé un cercle $Le'F$ tangent en *F* et en *L* aux deux côtés $E'L$, $E'F$ du triangle isocèle $LE'F$: de chaque point *N* de la ligne *LF* on a mené deux lignes, l'une parallèle à ME', qui se termine en n' dans l'arc de cercle tracé, et l'autre *Nn* égale à la première et parallèle à *ME,* qui donne un point *n* appartenant à la ligne *LeF* qu'on se propose de tracer.

§. IV.

Le mouvement rectiligne continu, avec une vîtesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en circulaire alternatif avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 4.)

Si, par l'un quelconque des moyens indiqués dans le §. III, on change le mouvement rectiligne continu en circulaire continu, tous les exemples indiqués dans le §. IX se placeront ici.

(B 4.)

M. *Perrault,* de l'Académie des sciences (*Recueil des Machines approuvées par l'Académie des sciences,* tome I, n.os 9 et 10), propose d'appliquer

une chute d'eau au mouvement d'une horloge à pendule. Sans partager son opinion sur l'utilité et la bonté de sa machine, nous indiquerons l'artifice qu'il emploie pour transformer la direction rectiligne du moteur en un mouvement circulaire alternatif.

L'eau qui coule par *c* tombe dans la petite caisse *d* qui tourne autour d'un axe *m*, et qui est partagée par son milieu en deux au moyen d'une cloison. Quand la base *ab* est horizontale, l'eau tombe de manière à être partagée en deux parties égales par cette cloison ; dans toute autre position, la chute s'en fait dans la partie élevée. Dans celle que représente la figure, cette chute a lieu du côté de *b* ; quand cette partie est pleine, la caisse tourne sur son axe et vient s'appuyer sur l'obstacle *f*, versant l'eau dont le poids a décidé son mouvement. L'autre partie se remplit à son tour, et ramène la caisse à sa position primitive, en s'appuyant sur l'obstacle *g*, et ainsi de suite.

(C 4.)

PROBLÈME. *Transformer le mouvement circulaire alternatif en rectiligne continu.*

Soit *AB* un levier tournant autour de son axe *C*, *FG* une barre qui peut monter et descendre librement, et dont les bords sont dentés en rochette ; *DE*, *DE* sont deux petits leviers tournant dans leurs axes *D*, *D*, et dont les extrémités *E*, *E* sont garnies de deux petits cylindres qui engrènent dans les dents de la barre ; le mouvement circulaire alternatif du levier *AB* fera monter la barre. M. *Perrault*, de l'Académie des Sciences, emploie un mécanisme qui a beaucoup de rapport avec celui-ci pour un *cric d'équilibre* destiné à élever des fardeaux (*Recueil des Machines approuvées par l'Académie*, tome I, n.° 1).

(D 4.)

Un bateau qui se trouve à l'ancre au milieu d'une rivière, attaché à un câble assez long, ira de l'une à l'autre rive avec un mouvement circulaire alternatif, par le moyen de son gouvernail, artifice très-connu et dont on fait souvent usage.

(E 4.)

Un secteur surmonté d'une voile, et formant un système dont le centre de gravité se trouve très-au-dessous de celui d'oscillation, au moyen d'un contre-poids, se balance continuellement avec un mouvement alternatif circulaire quand le vent frappe la voile : ce moyen d'appliquer l'action du vent a été proposé souvent, et l'on trouve des modèles construits d'après ce principe dans le conservatoire des machines de Paris, et dans l'ouvrage de M. *Alexandre Mabyn Bailey,* qui renferme la description des machines présentées à la Société d'encouragement de Londres; on trouve l'application de ce moteur (tome I, page 154) à une machine hydraulique, par M. *Merryman.*

Toutes les machines qui servent à remonter l'eau par le moyen d'un mouvement oscillatoire ou circulaire alternatif communiqué à la machine par une puissance quelconque qui leur est appliquée extérieurement, telles, par exemple, que celles qui ont été décrites dans le n.° *66* du Journal des mines, peuvent être placées dans ce quatrième paragraphe.

§. V.

Le mouvement rectiligne continu avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en continu d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement rectiligne continu en circulaire continu, par les moyens indiqués dans le §. III, et tous les mouvemens du §. X donneront la solution du problème.

§. VI.

Le mouvement rectiligne continu avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en alternatif d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Le mouvement rectiligne continu peut être changé en circulaire

continu par les moyens indiqués dans le §. III, et tous les mouvemens du §. II donneront la solution du problème.

§. VII.

Le mouvement circulaire continu avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Soit *ABDE (planche 2)*, une roue qui tourne autour de son centre *C* dans le même sens *ABDE* avec une vîtesse uniforme; *mn* une règle qui est contrainte de conserver toujours cette même direction, pendant que son extrémité *m* suit le contour d'une courbe tracée sur sa surface; l'autre *n* doit faire un nombre déterminé d'allées et venues d'une étendue donnée, en revenant à chaque révolution de la roue au même point de départ, avec une vîtesse, soit uniforme, ou qui varie d'après certaine loi, ou enfin tout-à-fait arbitraire.

Si le rapport des vîtesses est uniforme, ou s'il suit des lois données, les courbes que l'on doit tracer seront déterminées, et aisées à construire. On peut à ce sujet consulter un Mémoire de M. *Deparcieux*, sur la manière de tracer mécaniquement la courbure qu'il faut donner dans les machines destinées à mouvoir des leviers ou des balanciers, imprimé dans les Mémoires de l'Académie des sciences, pour l'année 1747.

Si le rapport des vîtesses est arbitraire, il y a une infinité de courbes qui peuvent satisfaire aux conditions du problème, soit par des polygones rectilignes, soit par des courbes. Les polygones rectilignes donnent des angles trop aigus; c'est pourquoi il faut préférer les courbes, en ayant soin de choisir entre ces courbes celles qui forment des angles plus obtus; pour cela il faut diminuer la vîtesse en changeant de direction, et tâcher que la courbe ait la plus grande étendue possible, en donnant au cercle le plus grand rayon que les circonstances puissent permettre.

Exemple. Si l'on veut que, pendant la révolution de la roue *ABDE*,

l'extrémité *n* de la tige *mn* fasse trois mouvemens alternatifs, tandis que le point *A* décrit les arcs depuis 0 jusqu'à 5, depuis 5 jusqu'à 9, depuis 9 jusqu'à 10, depuis 10 jusqu'à 13, depuis 13 jusqu'à 19, et depuis 19 jusqu'à 24, si l'on veut que ce mouvement soit uniforme, on divisera l'espace entier que doit parcourir le point *n* (et que, pour plus grande clarté, nous avons représenté au-dessus de la figure (A 7.) par la ligne brisée pleine), en parties égales, faisant en sorte, s'il est possible, que des divisions égales tombent aux extrémités des oscillations rectilignes. Dans la figure, elle est partagée en vingt-quatre parties égales. La circonférence *ABDE* se trouve divisée dans le même nombre de parties égales, et on a tiré des rayons aux points de division. Du point le plus éloigné 5, on a pris une distance qui entre un peu dans la circonférence de la roue. L'extrémité *n* est supposée en *o*, l'autre extrémité *m* est en *a*, qui sera un des points de la courbe. On a pris avec le compas la distance 1 qu'on a portée de *a* en *r*, et la distance $rC = Cq$ a donné le point *q* de la courbe tel que, quand la division 1 de la circonférence se trouvera en *A*, l'extrémité *n* de la tige sera en 1 *(fig. α)* de sa course. De cette manière, on a tracé la courbe pleine *aqbcdefa*, qui satisfait aux conditions du problème.

Sur un coin de la figure, on a tracé une portion $s'c'd't'$ de courbe qui correspond à la partie *scdt* de la courbe du mouvement uniforme, pour faire voir que les angles deviennent plus obtus, quand on peut donner plus d'étendue à la figure.

Si le problème n'assujettit à aucune loi sur les vîtesses, il est évident que le polygone rectiligne *abcdefa* satisfait à ces conditions ; mais, dans les applications aux arts, les angles aigus n'étant pas les plus convenables, on préfère les polygones curvilignes. Celui qui est ponctué sur le plan du cercle a des angles plus obtus que le polygone curviligne représenté par les lignes pleines. La marche de l'extrémité *n* de la tige est indiquée par les nombres qui marquent sa place dans la ligne brisée 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c., *(fig. α)*.

Il suffit d'un peu de jugement et d'exercice pour trouver, dans tous

les cas, la courbe qui satisfait aux conditions du problème, et qui offre cette régularité si recommandable dans les arts.

Quand la loi des vîtesses n'est pas donnée, on peut tracer la figure sans diviser préalablement la circonférence en parties égales ; mais il est presque toujours plus commode d'effectuer cette division. Il est inutile de dire que la courbe étant donnée, il est aisé de déterminer la position de l'extrémité de la tige, lorsqu'un des points de la circonférence se trouve dans sa direction.

Le problème que nous venons de résoudre généralement, est susceptible de la réciproque, en déterminant le mouvement de rotation de la roue par un ressort ou par un poids.

Dans l'art du tourneur, on fait beaucoup d'usage de ce problème ; la courbe tracée sur le cercle *ABDF* s'appelle *rosette*, et la règle *mn*, *touche*.

(B 7.)

C'est un cas particulier de (A 7), dans lequel on obtient à chaque révolution de la roue une seule allée et venue avec un mouvement uniforme. La courbe étant symétrique et tous ses diamètres égaux, on a profité, dans la figure, de cette circonstance pour assujettir la règle *a b* à la courbe, au moyen de deux boulons *n*, *m* qu'on garnit de deux poulies pour diminuer le frottement.

Les va-et-vient, pour diriger les soies dans les bobines des machines à tordre de M. *Vaucansons*, sont mus par cette même courbe. On en a fait usage dans différentes machines hydrauliques pour donner un mouvement uniforme aux pistons des pompes.

On voit dans le n.° 23 des *Annales des arts et manufactures*, la description d'un nouveau rouet pour la filature du lin et du chanvre, perfectionné par un Anglais M. *Antis*, à qui la Société pour l'encouragement des arts de Londres a accordé un prix. On y trouve l'application de la courbe à cœur.

(C 7.) *(Plan et élévation.)*

Soit *ABC* une plaque de métal dans laquelle on a coupé à jour les fentes *ab*, *cd*, *&c.* Derrière cette plaque et très-près d'elle, imaginons une autre plaque *NM*, dans laquelle on a aussi percé à jour la fente en spirale marquée par la double ligne ponctuée, et tracée d'après les mêmes principes que la courbe à cœur (*fig.* B 7.) qui précéde; il est évident que si des petits cylindres *rs* traversent les intersections des fentes avec la spirale, et qu'on fasse tourner la plaque de derrière, tous ces cylindres s'éloigneront ou s'approcheront du centre des plaques de la même quantité; ajoutons maintenant des coudes *sn* à ces petits cylindres dans la direction des rayons, et dont la longueur soit telle, que les extrémités *n* se terminent dans la circonférence d'un cercle dont le centre soit le même que celui de la plaque; il est évident que les extrémités *n* de ces coudes, soit qu'ils s'approchent, soit qu'ils s'éloignent du centre, se trouveront toujours dans la circonférence d'un cercle concentrique au premier. Deux mécanismes semblables peuvent être placés au-dessus l'un de l'autre, comme on le voit dans la figure, et on peut joindre les extrémités *n* des coudes par des barres *nn* qui formeront une espèce de cylindre dont le diamètre peut augmenter ou diminuer à volonté par le mouvement instantané de rotation communiqué aux plaques qui sont taillées en spirale. Tel est le mécanisme ingénieux que les Anglais ont adopté pour les tours et autres machines dans lesquelles on veut changer le rapport de la puissance à la résistance selon le besoin, et cela presque instantanément.

On peut consulter *The repertory of arts and manufactures*, vol. XVII, pages 11 ; *Specification of the patent granted to* Richard Brayshay, &c. *for a machine for the purpose of gaining an increased speed and power to all mecanical operation, by land and water, dated october 30, 1801;* le n.° 71 des *Annales des arts et manufactures*, par *R. O'Reilly.*

(D 7.)

La roue *AB* a sa circonférence taillée en forme de dents, qui peuvent

varier de figure à volonté; la tige *a b* s'appuie constamment sur les dents de la roue *AB*, au moyen d'un ressort ou d'un poids, et peut glisser entre les tenons *c* et *d*, conservant sa position perpendiculaire au plan de la roue *AB*. Si la roue tourne, elle communiquera à la tige un mouvement rectiligne alternatif, et on peut varier ce mouvement selon les besoins; le tracé des dents de la roue n'offre pas la moindre difficulté, d'après ce que nous avons dit dans l'article (A 7.).

M. *Zureda* a fait une application heureuse de ce mouvement à sa machine à piquer les cuirs pour faire des cardes. On a appliqué aussi dernièrement ce même mouvement à une machine pour faire des filets pour la pêche.

(E 7.)

Le cercle *A* tournant autour de son axe, un point ou cheville , fixé sur sa surface traverse la rainure *nm* du levier *PQ*, dont le centre de rotation est en *R*. Il en résulte que son mouvement circulaire et uniforme se change de continu en circulaire alternatif, qui est parcouru avec des vîtesses non uniformes par les extrémités *P, Q* du levier, et alors il appartient au §. IX. Mais si l'on fixe à l'extrémité *P* l'arc de cercle denté *ST* qui s'engrène avec la crémaillère *NM*, on a un mouvement rectiligne alternatif non uniforme, et qui appartient au §. VII.

Au moyen de la poulie de renvoi *G* et de la corde *QGH* fixe en *Q* et soutenant le corps pesant *H*, on obtiendra un mouvement rectiligne non uniforme.

L'intersection de la rainure *pq* tracée sur le levier *PQ*, et de l'autre rainure *st* tracée sur une règle fixe *Xy*, intersection où l'on peut placer un petit cylindre, sert à communiquer à ce dernier corps un mouvement rectiligne alternatif non uniforme.

Dans les *Annales des arts et manufactures*, tome XV, page 119, on trouve ce mouvement appliqué au perfectionnement des machines à arrondir les dents des roues.

(F. 7.) *(Plan et élévation).*

A est une roue en partie dentée, qui tourne dans le même sens sur

un axe fixe ; *BC* est un châssis dont deux des côtés opposés sont taillés en crémaillère. On a assujetti aux extrémités de ce châssis les barres *BS, CT* qui forment un seul corps, et qui passent par les tenons *nm*, *pq ;* de sorte que la crémaillère et les deux barres, qu'on peut regarder comme une seule *ST,* pourront acquérir un mouvement alternatif rectiligne par le circulaire de la roue *A*. On peut aussi appliquer le cadre qui renferme les deux crémaillères à une barre par un simple changement de construction.

Si les dents de la roue étaient infiniment petites, la moitié de la roue devrait être garnie de dents, et l'autre n'en aurait point. Les deux crémaillères auraient une longueur égale à la demi-circonférence de la roue motrice, et leurs extrémités seraient à une égale distance des extrémités des petits côtés du châssis : mais, dans le cas contraire, le seul qui ait lieu dans la nature, l'arc garni de dents est plus petit que l'autre ; les crémaillères ont une longueur égale à la partie de la circonférence qui a des dents, et elles se terminent à des distances inégales des petits côtés du châssis. Le nombre de dents de la roue est arbitraire, mais il faut une très-grande précision dans l'exécution.

Il sera facile de tracer les dents de la roue et des crémaillères, si l'on se rappelle les préceptes donnés par M. *Camus* à la fin du second volume de son *Cours de Mathématiques.*

Quand on a la portion de l'arc garni de dents et par elle celle des crémaillères, et la position d'une de ces dernières, il suffit d'un peu de tâtonnement pour tracer l'autre de manière à obtenir le plus grand effet possible. Des recherches de pure théorie nous meneraient trop loin, sans aucun avantage pour les arts.

On trouvera ce mouvement appliqué au mouvement alternatif des pistons, dans les pompes proposées par M. *Auger* (*Machines approuvées par l'Académie des Sciences de Paris,* tome IV, n.° 223).

On trouvera aussi quelques exemples de la transformation du mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif, par le moyen d'une roue en partie garnie de dents et d'une ou de deux crémaillères, ainsi

que du mouvement circulaire continu en circulaire alternatif, dans le *Repertoire des arts et manufactures* imprimé à Londres, vol. XII, page 145; et dans la *Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture, à la guerre,* par *Berthelot;* tome I, page 79, *Moulin à pédale;* tome II, page 36, *Machine à manège pour scier la pierre;* tome II, page 40, *Scie à débiter le bois.*

En supprimant l'une des deux crémaillères, et en garnissant la roue entière de dents, on transformera un mouvement alternatif circulaire en un autre rectiligne alternatif, dont il sera question (M 17.); tel est le mouvement qu'on a pendant long-temps employé dans la machine qu'on nomme dans les hôtels des monnoies *machine de Castaing,* qui sert à cordonner les flaons, mais qu'ensuite on a abandonné avec raison.

M. *Doinet,* pour éviter le moment de repos qu'on éprouve dans l'instant où le changement de direction du mouvement a lieu dans ce mécanisme, imagina le moyen aussi simple qu'ingénieux d'ajouter une dent a à la suite des autres dents a', a' qui garnissent une partie de la roue A, mais dans un plan différent, et une autre dent à la suite de celles qui composent les deux crémaillères, et dans le même plan que la dent a. L'action de la dent a de la roue, sur les deux dents a', a' des crémaillères, sert à continuer le mouvement de la règle TS, dans l'intervale du temps qui s'écoule entre le moment où la roue cesse d'agir sur une des deux crémaillères, et celui où il commence à faire sentir son action sur l'autre.

(G 7.) *(Plan et élévation.)* *Planche 3.*

On a élargi un peu le châssis du mécanisme qui précède, en prolongeant les deux crémaillères, de sorte qu'elles vont aboutir aux deux petits côtés où elles se réunissent en forme de demi-cercle, et on a garni de dents toute la roue. Il a fallu, dans ce cas, employer les deux traverses ab, cd pour communiquer sur la fin de chaque oscillation un petit mouvement latéral au châssis, pour faciliter le changement d'engrenage. En général ce mouvement présente des difficultés dans l'exécution, et il nous paraît peu propre à produire de grands effets.

Dans

Dans un rapport de MM. *Prony* et *Molard*, du 15 vendémiaire an 3, sur les projets présentés au comité de domaines et aliénation, pour remplacer la machine de Marly, on trouve ce mouvement appliqué à la machine proposée par *White*.

(H 7.) *(Plan et élévation.)*

C'est une modification du mouvement (F 7). Ayant réduit les dents de la crémaillère à une seule, on a aussi diminué le nombre de celles de la roue, et on a substitué à leur place des saillans terminés par de petites roues, afin de diminuer le frottement. On voit facilement que la forme rectiligne de la dent de la crémaillère occasionne une inégalité de vîtesse dans le mouvement alternatif. Il est aisé de varier à volonté ou de rendre uniforme la loi de cette vîtesse, en donnant une forme convenable à ces dents.

Cette construction est préférable à celle du mouvement (F 7), pour les machines exposées à de très-grands efforts, auxquels les petites dents ne pourraient pas résister. L'exécution de la machine devient dans ce cas moins chère; la construction et la réparation en sont aussi plus faciles.

Une application de ce mouvement à la construction d'une machine propre pour scier des pierres, se voit dans le I.er vol., n.os 32 et 33 des *Machines approuvées par l'Académie des sciences;* et on trouve dans le *Traité de la gravure à l'eau forte* de l'ancienne Encyclopédie, une machine à *balotter,* où l'on a fait usage du même mécanisme.

(I 7.)

A est une roue qui tourne sur son axe; *n* et *m* deux brides entre lesquelles glisse la barre *PQRS* en forme de *T; s* est un pivot qui traverse la rainure *pq.* Le mouvement circulaire de *A* en communique un alternatif à la barre *PQ.*

Ce mouvement alternatif rectiligne très-lent sur la fin, et accéléré vers le milieu des oscillations, est très-simple et d'une exécution facile. C'est encore une modification du mouvement (F 7).

Dans les *Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tome I,

n.° 59, on l'a appliqué à la construction d'une machine pour scier le marbre. Dans les métiers mécaniques à tisser plusieurs rubans à-la-fois, on l'emploie comme moyen de percussion pour chasser la navette. On s'en sert aussi dans une machine d'économie domestique pour battre le beurre.

Dans le *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres, vol. VIII, page 176, on voit que M. *Edmund Bunting* fait usage de ce mouvement dans un moulin pour calandrer les étoffes. Le moteur qu'il emploie est un cheval qui fait tourner un axe vertical garni dans sa partie supérieure d'un pignon horizontal ; ce pignon engrène avec une roue horizontale. Le mouvement circulaire continu de cette roue est transformé en rectiligne alternatif par le moyen que nous venons d'indiquer ; la tige qui reçoit ce mouvement étant trop élevée, l'ouvrier transmet son mouvement alternatif rectiligne à une autre tige qui est parallèle à la première, et qui se trouve à la hauteur qu'il desire par l'intermède d'un mouvement alternatif circulaire (E 17) ; et c'est à cette seconde tige qu'il fixe son polissoir.

(K 7.)

On rendra facilement uniforme le mouvement alternatif rectiligne de la règle $PQRS$ (fig. 17), en substituant à la rainure rectiligne pq une autre rainure tracée d'une manière convenable, telle que celle représentée dans la figure (K 7).

La manière de tracer cette courbe est très-simple : on divisera la distance Cs dans un certain nombre de parties égales, par exemple, en six parties égales, $s1$, 12, 23, 34, 45, $5C$; et on divisera de même le quart de cercle sD. Il est évident que les conditions du problème seront remplies, si le point de la règle qui répond à celui où se trouve dans la figure le pivot s se trouve aussi dans les divisions 1, 2, 3, &c. du rayon sC, en même temps que le pivot coïncide avec les divisions 1, 2, 3, &c. de l'arc sD; il faudra donc déterminer la position des points 1, 2, 3, 6 de la courbe psq de manière que chacun de ces

points soit placé relativement au point *s*, comme les points 1, 2, 3, &c. de l'arc *sD* sont placés par rapport aux points 1, 2, 3, &c., du rayon *sC*; ce qui n'offre pas la moindre difficulté. Cette courbe étant tracée, on l'enveloppera de deux autres semblables pour former la rainure capable de contenir le pivot *s* garni d'une roulette pour diminuer le frottement.

(L 7.)

ab est une règle verticale qui glisse entre les deux anneaux *n*, *m*; à son extrémité inférieure *b* se trouve un pilon *P*; un des côtés de la règle est garni d'une crémaillère, dans laquelle engrène une portion dentée de la roue *A*, dont l'autre partie est dégarnie de dents. Supposons que le pilon *P* tombe par son propre poids sur le corps *M*, si la roue *A* tourne dans le sens indiqué par la flèche, ses dents obligeront le pilon à s'élever; mais il retombera immédiatement après par le défaut des dents d'une partie de la roue, et ce mouvement alternatif durera tout le temps que la roue continuera à se mouvoir. C'est encore un cas particulier du mouvement (F 7). On en fait souvent usage pour écraser différens corps.

Si on transforme la crémaillère en roue dentée, qui tende à tourner en sens opposé de la roue *A*, soit par le poids *P* attaché à une corde qui enveloppe son axe, soit au moyen d'un ressort spiral, le mouvement continu circulaire de la roue *A* sera transformé en alternatif circulaire, et ce mouvement appartiendra au §. IX.

(M 7.)

C'est une modification du mécanisme qui précède. On réduit les dents de la crémaillère à une seule, et on garnit la roue de cannes, dont la courbure est telle que la résistance devient constante. La construction de ces courbes est très-aisée; elle se trouve dans le Mémoire de M. *Deparcieux*, déjà cité (A 7). Ce mécanisme sert aux mêmes usages que celui qui précède.

(N 7.)

Le mouvement circulaire de la roue *A* communique, par l'intermède de la règle *nm*, un mouvement rectiligne alternatif à la règle *pq* qui glisse entre deux tenons tels que *t*. La réciproque aura lieu si *A* fait les fonctions d'un volant.

(O 7.)

AB est un cylindre tournant autour de son axe; on voit à sa surface deux cannelures semblables à celles d'une vis, creusées dans des sens opposés, et qui vont se réunir aux deux extrémités du cylindre; *C* est une pièce saillante qui remplit exactement la cannelure et qui surmonte une tige *CD*, qui traverse une rainure pratiquée dans la traverse fixe *EF*. Le mouvement circulaire du cylindre fait aller et venir le corps *C*, par son passage alternatif de l'une des hélices dans l'autre. Ce mouvement est très-ingénieux et peut avoir un grand nombre d'applications; il nous a été communiqué par son inventeur M. *Barthélemy Sureda*, Espagnol, mécanicien fort habile.

(P 7.)

AB est une traverse percée d'une rainure *pq*, dans laquelle l'axe *n* de la roue dentée *E* peut se mouvoir librement. *CD* est une barre garnie de dents qui s'engrènent dans la roue, et que l'on fixe à la planche ou à la règle à laquelle on veut donner le mouvement alternatif en ligne droite, et qui glisse entre les deux tenons *a* et *b*. Quand la règle dentée *CD* est arrivée au bout de son chemin, il faut que les obstacles α et β rencontrent les ressorts *rs*, *ut* pour la forcer à revenir et à s'engrener de nouveau.

Ce mouvement est d'une construction difficile; d'ailleurs la faiblesse des dents de la roue empêche qu'on y emploie une grande force; c'est pourquoi nous le croyons peu propre à entrer dans les machines a récéper les pilotis, comme quelques mécaniciens ont voulu en faire usage.

(Q 7.) *(Plan et profil.)*

ABC couronne circulaire dont l'intérieur est denté; *D* cercle aussi denté dont le diamètre est égal au rayon de la couronne avec laquelle il s'engrène ; l'axe brisé *nmpq* tourne dans le centre de la couronne, soutient d'un côté le centre de la roue *D;* et de l'autre, offre une manivelle à la puissance qui doit communiquer le mouvement de rotation à la roue *D,* pendant que cette roue tourne autour de son centre, parcourant le contour de la couronne, chacun des points de sa circonférence trace un diamètre de la couronne. Ce théorème a été démontré par M. *de la Hire,* de l'Académie des sciences, dans son *Traité des épycicloïdes, et de leurs usages dans la mécanique.* Mém. de l'Acad., tome IX, page 389.

White présenta un modèle de ce mouvement à l'avant-dernière exposition des produits de l'industrie nationale. (*Voyez* sa description dans les *Annales des arts,* tom. XIX, pag. 294).

(R 7.)

Deux roues dentées *A* et *B,* telles qu'elles sont représentées dans la figure, produisent un mouvement alternatif dont le nombre d'allées et de venues, leur étendue et leur vîtesse varient à l'infini, soit par les différens rapports de leurs diamètres, soit par les divers arrangemens et proportions de leurs parties ; mais tous ces mouvemens peuvent être exactement imités par celui (A 7).

Il en est de même des mouvemens (S 7, T 7). On trouvera un exemple de ce genre de mouvemens alternatifs dans la planche 21, tome I des planches pour les manufactures de l'Encyclopédie par ordre de matières, au dévidage des soies.

(U 7.) *(Plan et élévation.)*

abc est une couronne circulaire garnie de dents dans toute sa partie concave et convexe ; elle est fixe au grand disque circulaire *D* qui

tourne sur son axe, laissant une partie vide, telle que la roue dentée *d* puisse y passer librement ; elle se termine en deux portions d'arcs de cercle garnis aussi de dents. La roue dentée *d* tourne autour de son axe, lequel a la facilité de se mouvoir dans la rainure *m n*; les deux ressorts *p* et *q* s'appuyant alternativement sur les deux détentes *r* et *s*, déterminent le mouvement alternatif circulaire du disque *D*; c'est une modification du mouvement (P 7). Le mouvement alternatif circulaire du disque *D* sert d'intermède, pour en communiquer au corps *F* un autre alternatif rectiligne, par le moyen d'une corde sans fin qui enveloppe le disque, et passe par les deux poulies de renvoi *S* et *T*. C'est comme exemple de la manière de faire usage d'un mouvement intermédiaire, et par l'analogie qui règne entre ce mouvement et celui (P 7), que nous nous sommes permis de placer ici ce mouvement, qui appartient, à la rigueur, au §. IX.

Il serait difficile de faire coïncider les dents de la roue *d* avec celles de la couronne intérieure et extérieure, dont les formes ne peuvent pas être les mêmes : on rendra la chose moins difficile, en employant deux roues *d* placées l'une sur l'autre sur le même axe, et séparant également les plans des deux couronnes intérieure et extérieure ; en sorte que chacune d'elles ne puisse rencontrer d'autres dents que celles de la roue *d* correspondante, comme on le voit dans la figure.

(A 7'.) *Planche 4.*

Dans une même figure on a réuni deux moyens très-connus de transformer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif, en employant soit un axe coudé, soit un cercle dont le plan est incliné à son axe de rotation. M. *Prony* a donné une théorie des manivelles brisées dans le *Journal des mines*, n.° 3.

On trouve dans le tome IV, n.° 266 des *Mémoires approuvés par l'Académie*, l'application de cette manivelle au mouvement d'un piston, par M. *Jean-Léonard Laesson.* Cet auteur y donne la construction fort simple d'une manivelle dont le coude peut être alongé ou raccourci à volonté.

(B 7'.)

La grande roue *R* tourne autour de son axe ; sa surface est garnie de trois rouleaux *m*, *n*, *p*, sur lesquels vient s'appuyer successivement le rouleau *q* qui se trouve à un bout *P* du levier *PGH* dont les bras font un angle droit. L'autre bout tend à faire tourner, par l'action d'un ressort ou d'un poids, le levier *P* vers *H*; l'extrémité *H* aura un mouvement alternatif circulaire, et par conséquent appartenant au §. IX ; il se changera en rectiligne alternatif par le moyen d'une poulie de renvoi *f*. M. *Genssane* applique ce mouvement à la construction d'une lanterne substituée à la place des manivelles. (*Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tome VII, n.° 442.)

(C 7'.)

S est un volant garni d'un pignon *p*; *P* et *Q* deux roues dentées qui s'engrènent entre elles ; *P* s'engrène aussi avec le pignon *p*; *nm*, *st*, sont deux manivelles fixes aux axes des roues *P* et *Q*; *mf*, *sg*, deux tiges dont les bouts tournent librement, et communiquent à la grande tige *HR* un mouvement alternatif rectiligne, pendant que le volant *S* tourne circulairement dans le même sens : la réciproque a lieu dans ce mouvement.

L'application de ce mouvement se trouve dans un mémoire sur la nouvelle pompe à feu inventée par *Cartwright*, inséré dans le n.° 1.er des *Annales des arts et manufactures.* On peut supprimer les deux manivelles *nm* et *st*, en substituant deux goupilles sur les circonférences des roues *P*, *Q*; mais on les a conservées pour plus de facilité dans la construction. Dans le n.° 25 de ce même journal, le rédacteur, M. *O'Reilly*, propose une nouvelle pompe à feu sans balancier, dans laquelle il adopte le volant de *Cartwright*.

(D 7'.) (*Plan et élévation.*)

S est un volant; l'une des extrémités de son axe est garnie de deux roues à rochet *R*; dans l'intervalle de ces deux roues il y en a deux

autres dentées qui entrent dans l'arbre du volant par frottement doux. L'une et l'autre ont un cliquet *p* placé dans le même sens dans chacun des côtés opposés, en sorte qu'il faut qu'elles tournent en sens opposé, pour que le cliquet agisse sur la roue à rochet qui le touche immédiatement. *PQ* est une grande tige qui glisse entre deux tenons, et qui, se partageant en deux, forme une espèce de châssis garni de crémaillères *fg*, *hi*, qui ne sont pas dans le même plan. *fg* s'engrène avec la roue *N*, et *hi* avec la roue *M*. Si l'on suppose que la tige *PQ* se meuve de *Q* en *P*, la crémaillère *hi* agissant sur la roue *N* par son cliquet *p*, communiquera au volant *S* un mouvement de rotation dans le sens indiqué par la flèche, tandis que la roue *N* tournera sans lui imprimer aucun mouvement. Quand la tige revient de *P* vers *Q*, la roue *N* communique au volant un mouvement circulaire dans le même sens. On peut supprimer l'une des deux roues avec sa crémaillère, le volant *SS* par son inertie n'en continuera pas moins à se mouvoir dans le même sens, comme cela a lieu dans le mouvement (G 9); mais l'action du moteur agit sur le volant alors d'une manière inégale, c'est pourquoi ce mécanisme est préférable. (La réciproque n'a pas lieu.)

Dans un modèle du *Museum des machines* de Paris, où l'on s'est proposé d'appliquer la pompe à feu comme moteur, pour que les bateaux remontent les rivières, on a appliqué ce mouvement au volant de la pompe où *PQ* est la tige du piston; mais il était déjà connu.

Remarque.

Si on fait entrer une roue dans l'axe d'une autre qui tourne toujours dans le même sens, par l'action d'un moteur quelconque, tous les moyens qu'on pourrait inventer pour la fixer à l'axe, et l'abandonner à son simple frottement alternativement, pourront aussi s'employer pour suspendre son action ou pour l'abandonner à celle d'une autre puissance qui puisse agir sur elle. C'est par ce moyen qu'on arrête le mouvement d'une machine sans arrêter l'action du moteur, ou qu'on la soustrait à l'action

du

du moteur pour l'abandonner à celle d'un autre. Toutes les sonnettes se trouvent dans le dernier cas, dont nous allons donner des exemples.

(E 7'.)

Machine pour battre des pilotis, inventée par M. Camus *(Machines approuvées par l'Académie,* tome III, n.º 140).

Le mouton *A* est attaché à l'extrémité d'une corde qui passe sur les poulies *B, C,* et va s'envelopper au rouleau *D*, qui, avec le levier *I,* est la partie principale de la machine, dont le jeu dépend de la manière dont ce rouleau se joint au cabestan. Le cabestan et le rouleau ont le même diamètre et le même axe; le rouleau doit être cerclé de fer avec deux ou quatre pointes ou chevilles de la même matière, attachées au cercle *EF.*

Le cabestan *G* supporte le levier *HI,* lequel a un talon *F* qui avance sur le rouleau et est attaché au cabestan par une charnière, de manière qu'il peut et se baisser en pesant sur son extrémité *I,* et se relever au moyen du ressort *L.* On fait agir cette machine en appliquant les hommes aux leviers *O, M, N, P* qui font tourner le cabestan et le rouleau qui est fixé au cabestan par le levier *FI* appliqué à une de ces chevilles; ainsi la corde s'enveloppe sur le rouleau, et le mouton s'élève le long du montant *VY.* Quand celui-ci arrive à sa plus grande hauteur, l'homme placé à l'endroit *N* de la barre, pèse sur le bout *I* du levier et le fait baisser; alors la pointe du rouleau échappe au talon du levier qui le retenait, et le montant tombe ou laisse ensuite échapper le levier que le ressort *L* relève, et il va rencontrer une autre cheville, qui joint de nouveau le rouleau au cabestan, et ainsi de suite.

Nous remarquerons que ce mouton, et tous ceux qui entraînent la corde dans leur chute, perdent par cela même une grande partie de leur énergie.

(F 7'.) *(Plan et élévation.)*

pq est un axe de fer tournant toujours dans le même sens, soit par

l'action des hommes qui agissent sur les barres d'un cabestan, soit par l'effet d'un autre moteur quelconque ; il traverse les deux tambours de bois *A* et *B*, qui ne tiennent à l'axe que par frottement doux.

Le tambour inférieur *A* repose sur le plancher ; il est garni de deux surfaces rampantes *abc*, *a'b'c'*, l'une extérieure et l'autre intérieure, faisant chacune un tour de sa circonférence en forme d'escalier sans noyau, ou de *vis à jour*. Ces surfaces sont situées de manière que leurs origines *a* et *a'*, ainsi que leurs extrémités, se trouvent aux deux bouts d'un même diamètre. Ce même tambour *A* est garni d'une roue à rochet *r*, et d'un cliquet *s* qui l'empêche de tourner dans le sens de la direction du moteur.

Le tambour supérieur *B* est creusé dans sa partie intérieure, et garni de deux tiges verticales *n*, *m*, qui portent deux rouleaux dont la hauteur égale celle du tambour inférieur ; c'est par ces deux rouleaux qu'il se soutient sur les plans inclinés du tambour *A*, conservant une position horizontale. Il porte aussi une barre de fer *t* très-solide, terminée à la hauteur de sa surface inférieure, et sa surface convexe est creusée en gorge pour recevoir la corde du mouton.

Quand les rouleaux fixés sur les tiges *n*, *m* se trouvent à l'origine des plans inclinés, le tambour *B* est à son *maximum* de descente ; et si on fait tourner celui-ci dans une direction contraire à celle que nous supposons au moteur, c'est-à-dire dans le sens *cba*, les deux rouleaux rencontreront les deux têtes des surfaces rampantes, et contraindront le tambour *A* à tourner également. Mais si *B* tournait dans la direction du moteur, *A* resterait immobile, et *B* s'éleverait verticalement, en tournant au moyen des deux rouleaux, à la hauteur des deux surfaces sur lesquelles il est assis.

L'axe en fer *pq* a une forte traverse en fer *ii'* placée de manière qu'elle touche presque à la partie supérieure de la cavité du tambour *B*, quand celui-ci se trouve le plus bas possible.

Ce que nous avons dit étant bien compris, il sera aisé de se rendre compte de la transformation en mouvement rectiligne alternatif du

circulaire continu transmis par le moteur à l'axe pq. Supposant, 1.° le tambour B au *maximum* de sa descente, 2.° la barre ii' en contact et prête à agir sur la pointe t, 3.° le mouton M sur la tête du pilotis, 4.° la corde dd' tendue; l'axe pq par son mouvement fera tourner B, qui élèvera le mouton d'une hauteur égale à sa circonférence; alors la barre de fer t échappe la traverse ii', et le tambour B, obéissant à l'action du mouton M, tourne en sens opposé et le laisse tomber. Par conséquent le tambour B aura un mouvement alternatif circulaire, tandis que le mouton M en aura un autre alternatif rectiligne; et l'espace qu'il parcourt, dans ce cas, est égal à la circonférence du tambour B.

Supposons tout dans l'état primitif, et qu'on fasse tourner, par exemple, le tambour inférieur A d'une demi-circonférence dans le sens opposé au mouvement du moteur. Dans ce cas, quand le tambour B aura fait la moitié d'une révolution, le mouton M tombera; par-là on aura diminué de moitié l'étendue des oscillations circulaires du tambour B et de celles du mouton.

Ce mécanisme très-ingénieux est susceptible d'une construction simple et solide; il a d'ailleurs, ainsi que nous venons de le démontrer, la propriété de pouvoir faire parcourir au mouton, depuis le plus petit espace jusqu'au plus grand, qui est égal à la circonférence du tambour B.

(G 7'.) *(Profil et élévation.)*

AB est un axe que la puissance fait tourner toujours dans le même sens; la roue C taillée en gorge entre dans ce même axe AB par frottement doux, mais sans pouvoir glisser le long de AB, et dans une de ses faces on a fixé une goupille s; nm est une barre élastique fixée à l'axe AB; r est un plan incliné qui se trouve placé hors du cercle C, et dans la direction de son plan; la corde ct a une de ses extrémités fixe dans la gorge de la roue C, et l'autre est attachée au fléau pq qui tourne autour de son axe p.

Quand l'axe AB tourne, la barre élastique nm rencontre la goupille s

et oblige aussi à tourner le cercle *C* qui lève le fléau *pq;* mais la barre *nm* rencontrant le plan incliné *r*, s'écarte du cercle *C*, et laisse échapper la goupille *s;* alors ce cercle reste abandonné à l'action du fléau qui tombe, et on continue ainsi.

M. *Dubuisson* a appliqué ce mécanisme (qui n'est qu'une modification de celui que nous avons donné (E 7′) à une machine pour battre le plâtre, qui se trouve dans la *Collection des Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. VI, n.° 407.

(H 7′.)

Extrait du Rapport de MM. *Prony* et *Molard*, sur les projets présentés au Comité de domaines et aliénations, pour remplacer la machine de Marly, imprimé par ordre de la Convention nationale. A Paris, de l'imprimerie nationale. Du 15 vendémiaire an 3 de la République.

Machines du citoyen White.

Pag. 15. « Voici maintenant l'explication des roues de *détente.* La pièce *A* est fixée à un arbre tournant toujours dans le même sens, et la roue *B* emboîtée sur le même arbre, à frottement doux, afin de pouvoir tourner dans des sens contraires. Cette roue est garnie d'une détente *C*, à laquelle s'accroche la pièce *A*, qui fait ainsi monter la chaîne *D*, à laquelle est attaché un des pistons, jusqu'à ce que l'extrémité de la détente venant s'appuyer contre une cheville ou arrêt *E*, la pièce *A* se décroche, et le piston suspendu à la chaîne *D* descend par son propre poids, en faisant tourner la roue *B*. »

(I 7′.)

AB est un axe qu'on suppose toujours tourner dans le même sens par l'action d'une puissance quelconque ; *C* un cercle ou bien une roue dentée qui entre dans l'axe *AB* à frottement doux, et qui a deux mortaises *a* et *b* pour recevoir les goupilles *m* et *n;* *D* est un autre cercle qui entre, à frottement doux, dans la portion *pq* de l'axe *AB*, qui, au

lieu d'être cylindrique comme le reste de l'axe, est quadrangulaire. Dans ce cercle sont attachées deux petites goupilles *m* et *n;* au moyen de la fourche *hf,* on peut approcher ou écarter le cercle *D* à volonté.

Les choses se trouvant dans l'état que la figure représente, le cercle *C* peut rester dans l'inaction en vertu de quelque obstacle extérieur, ou obéir à l'action d'un moteur qui le fasse tourner dans un sens opposé à celui de l'axe *AB;* en un mot, on peut le regarder comme absolument indépendant du mouvement de cet axe, sauf le petit frottement qu'il éprouve vers son centre : mais, si, par le moyen de la fourche *hf,* on approche le cercle *D* du cercle *C* de manière que les mortaises rencontrent les parties saillantes *m* et *n,* alors la roue *C* obéit nécessairement à l'action de l'axe *AB,* jusqu'à ce qu'on vienne de nouveau à écarter la roue *D,* et ainsi de suite. C'est par ce mécanisme infiniment simple, qu'on suspend, par exemple, l'action d'une des meules d'un moulin, quand on fait mouvoir un certain nombre de ces meules au moyen d'une roue principale, ou qu'on rend alternatif le mouvement circulaire continu, comme il arrive dans les grands laminoirs des planches de cuivre, et dans presque toutes les machines qu'on veut arrêter sans rien déranger à l'action de la puissance.

(K 7'.)

C'est encore une modification du mouvement précédent. *AB* est l'axe qui tourne dans le même sens par l'action de la puissance ; la roue *C* transmet le mouvement à la roue *D,* qui entre, à frottement doux, dans l'axe *EF;* la roue *D* est garnie d'une goupille *e,* et l'axe *EF* d'une autre *f :* la roue *D* s'approche ou s'éloigne du pivot *f* à volonté, par le moyen du levier *PQ ;* d'après cela, il est facile de voir qu'on peut empêcher ou produire le mouvement de l'axe *EF,* en éloignant ou en rapprochant la roue *D* du pivot *f.*

(L 7'.)

Machine de M. *Prony*, dont la description se trouve dans les *Mémoires*

de l'Institut, et dans les *Annales des Arts et Manufactures*, tom. XIX, pag. 181.

Son mécanisme ne consiste que dans une application très-ingénieuse de l'artifice (I 7′), par lequel on peut suspendre à volonté, ou communiquer à une roue l'action d'un moteur qui fait tourner l'axe dans lequel la roue entre à frottement doux, et réciproquement ; on peut par ce mécanisme communiquer à l'axe ou suspendre à volonté l'action du moteur qui fait tourner la roue.

En effet, M. *Prony* fait tourner une grande roue horizontale AB par l'action immédiate du moteur; cette roue met en mouvement, en directions contraires, les deux roues verticales C et D qui entrent, à frottement doux, dans l'axe horizontal EF, dont les faces intérieures sont taillées en rochet en n et en m. A l'une des extrémités de cet axe EF se trouve la poulie G, autour de laquelle s'enveloppe une corde qui porte un seau à chaque bout.

Une pièce aa, formée de deux barres de fer qui portent une roue à rochet p et q à ses extrémités, peut glisser le long de l'axe carré EF par le moyen de boîtes en coulisse percées aussi en carré.

Il est évident que si la pièce aa est poussée vers l'extrémité E de l'axe EF, les roues à rochet q et n s'engageront, et l'axe EF tournera dans le même sens que la roue D; si elle est poussée vers l'extrémité F, l'axe tournera dans le sens de la roue C, et l'un des seaux montera pendant que l'autre descendra. Le tout se réduit maintenant à communiquer ce mouvement alternatif à la pièce aa, de manière qu'il ait lieu immédiatement après que le seau montant se sera vidé dans l'auge, et à faire en sorte que ce soit la corde même du seau montant qui détermine son mouvement.

Pour cela, M. *Prony* a placé sur l'axe EF un autre axe horizontal SS dans une direction perpendiculaire à EF; cet axe de fer SS est garni d'un mentonnet x qui entre dans les boîtes à coulisse de la pièce aa, d'une tige h terminée par une lentille de plomb P, et de deux pattes s et t. Deux nœuds, ou bien deux fourches, sont placés vers les

extrémités de la corde au-dessus des seaux, de manière à s'engager successivement dans les deux leviers *M, N.* Ces leviers agissent sur les pattes *s* et *t*, et les soulèvent de manière que la tige *h* passe la verticale au moment où le seau montant finit de se vider; alors le poids de la lentille *P* fait tourner brusquement l'axe *SS*, et son mentonnet *x* chasse la pièce *aa* vers le même côté, et maintient sa position pour faire agir les roues à rochet, l'axe *EF* tourne en sens contraire, et ainsi de suite.

M. *Prony* a trouvé un moyen très-ingénieux de dételer l'animal employé à faire mouvoir cette machine, lorsque l'effort se trouverait augmenté par un obstacle quelconque. (Voici la description qu'on trouve de ce moyen dans les *Annales des arts*, tom. XIX, pag. 190.)

« Les traits 1, 1, 1 (*fig. F.*) passent à travers les ouvertures 2, 2 » pratiquées dans le joug 44 attaché au bord du levier 3; ce levier » est emmanché dans l'arbre vertical qui sert à donner le mouvement à » la machine; ces ouvertures 2, 2 sont garnies de poulies pour diminuer le frottement. L'extrémité de chaque trait se termine en un œil » qui s'accroche sur un piton implanté dans l'arbre 5, mobile sur ses » tourillons. A l'entour de cet arbre 5 s'enveloppe une corde, laquelle » remonte en passant par-dessus les poulies 6, 6, 6, et s'attache enfin » à un poids 7 le long de l'arbre vertical; ce poids, qui peut être varié » à volonté, détermine donc la résistance qu'on veut opposer à l'effort » de l'animal: ainsi, en supposant qu'on ait limité ce poids à vingt livres, » et qu'un bâton vienne à tomber dans l'engrenage du pignon, il s'en- » suivra que, par l'effort de l'animal, la machine sera brisée sans ce » mécanisme; mais comme l'effort excédera nécessairement le poids qui » sert de régulateur, l'arbre 5 sera forcé de décrire un quart de cercle; » les pitons ayant quitté alors leur position verticale, les extrémités des » traits qui s'y trouvaient accrochés s'échappent, l'animal est libre, et le » mécanisme n'éprouve aucun dommage. Ce moyen sert aussi à empê- » cher que les animaux employés à faire mouvoir la machine ne fassent » des efforts au-delà des limites, qu'on est toujours maître de fixer, en » ajustant le contre-poids. »

(M 7'.)

a b est un arbre tournant autour de son axe, au moyen d'une puissance quelconque appliquée en *a;* son pivot *b* repose sur une pièce de bois *e* garnie de deux rouleaux qui entrent dans une rainure pratiquée dans la traverse *n' m';* par ce moyen, l'arbre *a b* peut avec facilité s'approcher successivement des roues dentées *F, G* auxquelles s'accroche la vis sans fin *h* dont il est garni. *C* et *L* sont deux traverses qui servent à soutenir l'arbre, sans gêner le petit mouvement de balancement qu'on doit lui communiquer par la pièce mobile *e,* sur laquelle repose son pivot. On voit dans cette pièce deux cliquets *a' b', c d* qui tournent autour de leurs axes *a'* et *c,* lesquels, ainsi que les deux goupilles *b* et *d* qui garnissent leurs extrémités, se prolongent de manière à atteindre le plan de la pièce métallique *u m n.* (*Voyez* la fig. séparée *m.*) Cette pièce a un axe *g f* garni de deux autres branches *l, i* taillées en forme de fourche, pour laisser passer les cordes qui portent les seaux; près de l'extrémité *g* s'élève une tige qui porte un poids *P;* dans la traverse *n' m'* on remarque deux pitons *x* et *y,* dont la saillie égale l'épaisseur des deux cliquets *a' b', c d;* deux seaux sont attachés aux extrémités d'une corde qui passe par les cylindres des deux roues dentées *F, G,* en faisant un tour dans chacun. Voici le jeu de cette machine.

Dans la position représentée par la figure, la branche *u,* après avoir poussé le piton *a'* vers la gauche, fait accrocher la vis sans fin *h* à la roue dentée *F,* et le cliquet *a' b'* tombant par son propre poids, s'engrène avec le piton *x,* et assujettit l'arbre contre la roue dentée. Quand le bouton *s* qui se trouve près des seaux *S* vient de s'engager dans la fourche *l,* la pièce *u n m* est contrainte à tourner sur son axe, et le bras *n* touchant la goupille *b* décroche le cliquet avant de prendre une position horizontale; mais à peine il a dépassé cette position, que le contre-poids *P* tombant de l'autre côté, le bras *u* pousse le piton *c,* et fait passer à droite l'arbre qui s'accroche à la roue *G,* tandis que le cliquet *c d,* par son propre poids, s'engage avec le piton *y.* Les deux cylindres

cylindres tournent en sens contraires, et le seau *S* descend pendant que l'autre monte, et ainsi successivement. Les bords des seaux sont garnis d'une pièce de fer, pour les obliger à prendre une situation propre à verser l'eau. Cette machine est de l'invention de M. *Betancourt.*

Branca, dans l'ouvrage dont le titre est, *Branca (Giovanni) le machine, volume nuovo e di molto artificio del signor* G. Branca, *ingegniero et architeto della santa casa di Loreto. Roma* (J. Mascardi), *1629, in-4.º* (en italien et latin), fig. 21, emploie deux roues verticales dentées sur champ, en face l'une de l'autre, fixes au même axe : une roue horizontale tournant toujours dans le même sens, engrène tantôt à l'une des roues, tantôt à l'autre, par l'action immédiate d'un homme, ce qui communique un mouvement circulaire alternatif à l'axe commun aux deux roues verticales ; cette manière de changer le mouvement, s'emploie dans plusieurs machines, elle est d'un usage très-fréquent.

(N 7'.)

A mesure que le mouvement circulaire de l'axe *ab* augmente ou diminue, les poids *p* et *q* s'éloignent ou s'approchent de ce même axe, en vertu de la force centrifuge, et la couronne *r*, qui embrasse l'axe, descend ou monte verticalement; c'est de cette couronne qu'on fait dépendre le mouvement d'une soupape *m*, qui empêche la vapeur de s'introduire dans le cylindre des pompes à feu, ou de sortir de ce même cylindre pour passer au condensateur, et par ce moyen la machine conserve une vîtesse presque constante, quoique la résistance soit variable. Nous l'avons vu employé avec succès en Angleterre, dans un moulin à vent, pour lever la meule tournante, lorsqu'elle a trop de vîtesse, et pour empêcher que la farine ne s'échauffe. Comme ce moyen est très-ingénieux, il nous a paru qu'on verrait avec plaisir l'application de ce mouvement.

La meule tournante *A* (*fig. n 7'*) reçoit son mouvement par la partie supérieure, comme cela se pratique ordinairement dans tous les moulins à vent. Cette meule pose sur l'axe *ab*, qui porte lui-même sur la crapaudine *C* fixée au madrier *DE*. Dans l'axe *ab* est fixée la couronne *fg*,

qui porte quatre bras pour recevoir les tiges des quatre boules de fer *h, i, k, l,* du poids de quatre à cinq livres chacune ; de la partie supérieure des tiges descendent quatre tirans qui supportent la pièce *F*, qui peut glisser librement du haut en bas de l'axe; dans cette pièce est pratiquée une gorge pour recevoir l'extrémité du levier *de* taillé en forme de fourche, et dont l'autre extrémité *m* supporte le madrier *DE* qui tourne sur le centre *n*.

Il est évident que, par le mouvement de la meule tournante, tout le système des boules tournera, et qu'à mesure que la vîtesse du vent fait augmenter celle de la meule, les boules s'écarteront de l'axe; la pièce *F* descendra, forcera le levier *dem* dans la partie *d*, et levera par le bout *m* le madrier *DE*, et par conséquent la meule supérieure *A*.

M. *O'Reilly* en fait aussi usage dans sa machine soufflante. *Annales des arts*, tom. X, pag. 26.

(O 7'.) *(Plan et élévation.)*

Dans les *Annales des arts et manufactures*, par *R. O'Reilly*, tom. XXII, pag. 302, on trouve la description d'un moulin mu par le flux et le reflux de la mer, imaginé par M. *Leslie* de Londres. Comme il n'est question dans ce moulin que de changer un mouvement rectiligne alternatif en un autre circulaire continu, nous en donnerons la description telle qu'on la trouve dans l'ouvrage indiqué.

Fig. 1.re Plan de la roue avec son enveloppe.

Fig. 2. Coupe verticale.

a. Arbre de la roue tournant sur un pivot ou axe de fer, lequel entre dans une crapaudine d'acier.

b b. Ailes de roue, un peu inclinées de manière à donner passage à l'eau dans une direction spirale.

cc. Tambour ou enveloppe circulaire, dans lequel la roue tourne dans le moindre espace possible entre ses parois et les ailes.

dddd. Second tambour d'un plus grand diamètre, placé au-dessus de la roue et qui couronne ce tambour *cc* avec lequel il est combiné.

e, e, Portes mobiles qui s'ouvrent de côtés opposés ; la première, du côté des courans, s'ouvre lorsqu'elle est pressée par le courant, et s'arrête contre le poteau *f;* la porte du côté opposé sera pressée en sens contraire par le courant, et se fermera. L'opération inverse aura lieu, lorsque l'eau qui aura monté par le flux voudra sortir à l'instant du reflux : les lignes ponctuées indiquent assez ce mouvement contraire.

Maintenant, supposons la surface d'une rivière *h*, qui affleure à marée basse le couvercle du tambour supérieur, afin que la même quantité d'eau puisse toujours agir sur la roue ; une fois que la surface de l'eau est au-dessus du couvercle du tambour supérieur, l'eau qui passe par-dessus ne produira pas un plus grand effet en s'élevant de plusieurs pieds, que quand elle se trouvera au niveau du couvercle.

i i. Fond de la rivière ; si elle n'a pas assez de profondeur, on peut la creuser dans cet endroit (a); l'eau entre dans le tambour en passant la porte *e*, jusqu'à ce qu'elle s'arrête contre le poteau *f*, là elle trouve un passage au moyen duquel elle arrive au fond à travers les ailes spirales, qui cèdent à l'impulsion du courant, et donnent un mouvement de rotation à l'arbre vertical ; arrivée au fond, l'eau s'échappe par la porte *k;* ceci est pour le mouvement lorsque la marée baisse : quand au contraire elle remonte, les deux portes dont nous venons de parler se ferment, et les deux opposées s'ouvrent, au moyen de quoi, l'eau descend comme auparavant et tourne la roue dans la même direction, par le flux ou le reflux.

Voici les avantages de cette roue sur celle qu'on a construite pour être mue par le flux et le reflux :

1.° Si on l'emploie pour des moulins à blé, sa vîtesse est plus uniforme, puisque c'est la même quantité d'eau qui agit toujours sur elle.

(a) Nous regardons ce moyen comme inadmissible ; car l'eau courante éprouverait de la part de la colonne d'eau immobile, une résistance qui diminuerait ou anéantirait même sa vîtesse.

2.° Elle tourne dans le même sens par le flux et le reflux et d'une manière plus simple que les autres roues à marées.

3.° Comme la roue est horizontale, il est facile d'adapter sur son arbre un engrenage quelconque, puisqu'on peut élever cet arbre à volonté au-dessus de la surface de l'eau.

4.° La vîtesse de cette roue est plus grande par rapport à la vîtesse de la marée que pour les autres roues, ce qui dispense de tous les mécanismes imaginés dans les anciennes roues, pour diminuer les frottemens.

Quant à sa construction, M. *Leslie* affirme qu'elle est plus économique.

Dans l'*Architecture hydraulique* de *Belidor*, on trouve la description de différens moulins qui marchent par l'action de ce même moteur.

(P 7′) *(Plan et élévation.)*

AB est un axe fixe vertical, très-solidement établi; il est terminé par une roue dentée *C*. Un cylindre creux *D* entre dans cet axe, et s'appuie sur un rebord pratiqué dans la partie inférieure du même axe. Quatre traverses *ab, cd, ef, gh* sortent horizontalement de ce cylindre, forment entre elles des angles droits; à l'extrémité de chaque traverse se trouve suspendue une chaise pour s'asseoir; sur l'une de ces traverses s'élève l'axe d'une petite roue *D′*, qui engrène avec la roue dentée *C*. A l'extrémité de la manivelle *E* de la petite roue *D′* se trouvent attachées quatre cordes qui passent chacune par une petite poulie fixe à l'extrémité des traverses.

Une personne assise sur une des quatre chaises, peut communiquer facilement un mouvement circulaire continu à la petite roue *D′*, au moyen de la corde qui passe par la poulie qui se trouve devant elle, et par un mouvement rectiligne alternatif, elle sera elle-même entraînée par le mouvement circulaire que doit prendre tout le système mobile dont elle fait partie, système qui fait les fonctions d'un volant.

Il ne tiendra qu'à elle de varier ou de modifier à volonté la vîtesse du mouvement circulaire continu, imprimé au système mobile.

Si, au lieu d'une personne seule, on en suppose deux, trois ou quatre, il faudra qu'elles agissent de concert, pour que les unes ne contrarient pas l'action des autres.

Tel est le mécanisme ingénieux inventé par M. *Marcel Cardinet*, en prairial an 10, qui a pris un brevet d'invention, pour donner aux amateurs du *jeu de bague*, l'avantage de se passer de l'homme qu'on emploie généralement pour mouvoir la machine, et de pouvoir augmenter ou diminuer de vîtesse, et s'arrêter à leur gré.

§. VIII.

Le mouvement circulaire continu avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire continu avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan, ou dans des plans différens.

(A 8.)

Les deux roues dentées *A* et *B* s'engrènent mutuellement; le mouvement circulaire continu de l'une, se communique à l'autre dans le même plan, mais dans des directions contraires; il faudra une troisième roue *C*, si l'on veut que le mouvement ait lieu dans le même sens. Le rapport des vîtesses sera déterminé par celui des diamètres.

Si les trois roues *A*, *B* et *C* ont le même diamètre; pendant que la première *A* fera un tour dans le sens indiqué par la flèche, la seconde *B* fera aussi un tour dans le sens contraire, et la troisième *C* un autre dans le même sens, comme il se trouve indiqué par les flèches correspondantes.

Supposons maintenant que la roue *A* soit immobile, et que les roues *B* et *C* soient réunies à la roue *A* par une règle : il est évident que si on fait tourner cette règle autour du centre de la roue *A*, quand elle aura fait une révolution, les deux roues *B* et *C* en auront fait aussi un tour, comme dans le cas précédent, par rapport à la roue *A*; car les choses se passent de la même manière relativement à ces trois roues,

soit que la première *A* fasse un tour sur son axe, soit que la seconde et la troisième fassent un tour sur le même point; mais les roues *B* et *C* ont participé, dans le second cas, du mouvement de rotation de la règle qui les entraîne, effet absolument indépendant du premier. Il s'ensuit que la roue *B*, dont le mouvement de rotation autour de son axe a lieu dans le même sens que celui de la règle, aura fait deux tours ou deux révolutions par rapport à l'espace; mais le mouvement de rotation de la roue *C* autour de son axe, se fait dans un sens opposé; par conséquent, entraînée par la règle, elle a parcouru la circonférence tracée par celle-ci autour du centre de la roue *A*; mais elle n'a pas tourné autour de son axe, par conséquent les lignes tracées sur sa surface, et toutes celles qui se trouveront fixées à cette surface dans une position quelconque, conserveront toujours leur parallélisme.

Tel est le mécanisme que l'on emploie souvent pour représenter le parallélisme de l'axe de la terre dans tous les points de son orbite.

On rend les imperfections de la denture des roues moins sensibles, en réunissant deux ou trois de ces roues en biais, ainsi que leurs pignons correspondans. On obtient le même résultat par des roues dentées telles, que toutes les sections faites perpendiculairement à l'axe de la roue soient égales entre elles, ainsi qu'il arrive dans les roues dentées ordinaires; celles-ci peuvent être regardées comme étant formées par le simple mouvement d'une de ces sections parallèlement à l'axe de la roue; mais dans les roues dentées dont il est question, la section génératrice a un double mouvement, l'un de translation parallèle à l'axe, et un autre de rotation autour de ce même axe; chaque point de la section trace une hélice.

(B 8.)

Le même problème est ici résolu par le moyen d'une corde ou d'une chaîne sans fin; le mouvement aura lieu dans le même sens ou dans des sens contraires, selon que la corde enveloppera les deux roues sans se croiser, ou bien en se croisant dans l'intervalle qui les sépare.

Des causes physiques tendent continuellement à changer la longueur des chaînes ou des cordes : pour les conserver toujours également tendues, on emploie des contre-poids ou des ressorts ; mais il faut avoir soin de les placer de manière à ce que la tension produite dans la corde tende à faire tourner la roue sur laquelle agit le moteur, dans le même sens que ce moteur tend aussi à la faire mouvoir ; le contre-poids produit alors un très-bon effet, et peut être appliqué avec succès à toutes les machines ; mais si la tension produite dans la corde par l'action du contre-poids agit en sens opposé du mouvement communiqué par la puissance, les effets deviennent nuls.

On a varié la forme des chaînes selon les besoins, et l'on voit dans l'*Encyclopédie* (Art du Chaînetier) le détail de quelques-unes ; et dans les *Annales des Arts et Manufactures*, n.° 41, page 213, on trouve la description de celle inventée par M. *Hancock.*

(C 8.)

On a réuni dans cette figure différens moyens de communiquer le mouvement d'une roue à d'autres, qu'on emploie dans les arts.

(D 8.)

Vis sans fin qui transmet son mouvement circulaire à une roue. Le mouvement du moteur est perpendiculaire à celui de la roue : les applications de ce mouvement dans les arts sont innombrables.

(E 8.) *(Plan et élévation.)*

Le moulin du Piémont, pour organsiner les soies, offre un cas particulier de la vis sans fin, dans lequel cette vis a un diamètre très-grand *AB*, et le seul pas de vis qui la compose se trouve partagé en six parties égales, toutes comprises entre deux plans parallèles ; elles s'appellent *serpes*, et sont représentés dans la figure par les lettres *ab* ; ce sont ces *serpes* qui obligent à tourner les *poncenelles* de *H*, par le moyen de six dents, ou *vodes de*, qui garnissent leurs circonférences. On trouve la

description de ces moulins dans la *Description des Arts et Métiers*, publiée par l'Académie, et dans l'*Encyclopédie par ordre de matières.*

(F 8.)

Le même problème peut encore se résoudre en employant l'engrenage à équerre, représenté par les deux cônes tronqués *A* et *B*, qui sont garnis de dents. Ce mécanisme s'emploie souvent dans les arts; la figure le représente dans une de ses applications les plus usuelles, c'est l'instrument connu sous la dénomination de *villebrequin*, dont les charpentiers font un grand usage. (M. *Hachette* donne dans son *Cours des machines*, la théorie de cette espèce d'engrenage, connue sous le nom *d'engrenage conique.*)

(G 8.)

A et *B* sont deux roues dont les plans sont perpendiculaires entre eux, et qui se communiquent leur mouvement au moyen d'une corde sans fin enroulée sur les roues, et passant par les deux poulies de renvoi *C* et *D*. La poulie *B* peut se mouvoir en allant de *a* en *b*, et tournant toujours sur son axe. Ce mécanisme s'emploie généralement dans les *mull-jennys* pour filer le coton et la laine.

(H 8.)

Soient *AB* et *CD* deux axes garnis chacun de trois roues *a, b, c*, *a', b', c'*; les deux roues *a, a'* d'égal diamètre, ainsi que les deux roues *b, b'*, et *c, c'*, sont disposées comme on voit dans la figure; les roues qui appartiennent à l'axe *AB*, sont fixes à cet axe, celles qui appartiennent à l'axe *CD* entrent à frottement doux; mais chacune d'elles peut à volonté se fixer à l'axe par le mécanisme décrit (I 7' ou K 7') : cela posé, il est évident qu'on donnera à l'axe *CD* la même vîtesse que celle de l'axe *AB*, en faisant agir la roue *b*; sa vîtesse sera plus grande, si on fait agir la roue *a*; elle sera plus petite dans le même rapport, si c'est la roue *c* qui forme un tout avec son axe.

(I 8.)

(I 8.)

AB, *CD* et *EF* sont trois axes parallèles ; chacun de ces axes porte deux roues dentées *a* et *b*; celles de ces roues qui appartiennent à l'axe *AB* (auquel nous supposerons appliqué le moteur) sont fixes à l'axe ; les autres entrent à frottement doux dans leurs axes respectifs ; mais on peut les fixer par les méthodes indiquées (I 7′, K 7′) ; nous supposons les roues *a* d'égal diamètre, ainsi que les roues *b*, mais le diamètre de ces dernières est double du diamètre des premières. On peut combiner le système de quatre manières différentes :

1.° Si on fait engrener les deux roues *b*, appartenant aux axes *CD*, *EF*, avec la roue *a* de l'axe *AB*, les deux axes *CD*, *EF* tourneront dans le même sens (contraire à celui du moteur), avec la même vîtesse, qui sera égale à la moitié de la vîtesse de l'axe *AB*.

2.° Si ce sont les deux roues *a* des axes *CD* et *EF* qui engrènent avec la roue *b* de l'axe *AB*, les deux premiers axes tourneront dans le même sens avec des vîtesses égales, doubles de la vîtesse du moteur.

3.° Si on fait agir la roue *b* de l'axe *CD* sur la roue *a* de l'axe *AB*, et la roue *b* de l'axe *AB* sur la roue *a* de l'axe *EF*, les deux axes *CD* et *EF* tourneront dans le même sens, et les vîtesses de *AB*, *CD*, *EF* seront dans le rapport de 2 : 1 : 4.

4.° Si on fait agir la roue *a* de l'axe *CD* sur la roue *b* de l'axe *AB*, et la roue *a* de l'axe *AB* sur la roue *b* de l'axe *EF*, les deux axes *CD* et *EF* tourneront dans le même sens, et les vîtesses de *AB*, *CD*, *EF* seront dans le rapport de 2 : 4 : 1.

(K 8.) *(Plan et élévation.) Planche 6.*

Transformer un mouvement circulaire continu et uniforme, en un autre circulaire et variable, dont la vîtesse change suivant une loi donnée.

Ce problème peut se résoudre généralement. Si on veut qu'un axe *D* fasse un nombre *n* de révolutions, tandis qu'un autre *C* en fait une avec des vîtesses variables, il est aisé de prévoir que deux points des deux axes

doivent se retrouver dans la même position après un nombre n de révolutions de l'axe D, ou une seule de l'axe C; il faudra donc que les espaces parcourus par ces points soient les mêmes après un nombre n de révolutions de D, ou après une seule de C.

Pour simplifier l'application, nous supposerons que les deux axes fassent un tour dans le même temps; ce cas bien entendu, tous les autres n'offriront pas la moindre difficulté.

Soient PQ, MN les axes de deux roues; abC, adD deux segmens tels que l'arc $ab = ad$, l'un et l'autre dentés et placés à la hauteur de la ligne 1, 1; $b'efC$, $d'nmD$ deux segmens d'un rayon égal, tel que l'arc $b'ef = d'nm$, l'un et l'autre dentés et placés à la hauteur de la ligne 2, 2; qCp, qDr deux segmens égaux aux segmens aDd et abC, mais placés à la hauteur de la ligne 3, 3.

On voit que par cet arrangement les vîtesses peuvent varier par des intervalles finis, et de la manière qu'on voudra, pourvu qu'on remplisse la condition de faire rencontrer les points a, a à la fin d'un nombre n de révolutions de l'axe MN.

La construction de cette machine présente quelque difficulté, à cause du changement d'engrenage, lorsqu'elle passe d'un rapport de vîtesse à un autre; mais cette difficulté diminue, en faisant les dents très-petites. Dans le cas où l'on ne pourrait les rendre assez courtes, il faudrait aider à ce passage par une force extérieure, comme celle d'un ressort ou d'un poids.

On résout le même problème par le moyen de deux cônes EF, GH (*fig. K'*) mis en sens contraires, et sur lesquels sont pratiqués différentes gorges pour recevoir la corde nm, laquelle doit se trouver également tendue, quelle que soit sa position sur les cônes.

(L 8.) (*Plan et élévation.*)

Si on suppose que le mouvement de l'un des deux axes MN, PQ de la figure précédente, soit uniforme, on peut rendre celui de l'autre uniformément accéléré et retardé, comme l'a fait M. *Roëmer*, de l'Académie royale

des sciences, dans la construction d'une roue propre à exprimer par son mouvement l'inégalité des révolutions des planètes. (*Machines approuvées par l'Académie*, tom. I, n.° 24.)

Cet auteur suppose un pignon conique *A* taillé dans toute sa longueur, comme on voit dans la figure, et ses dents s'accrochent à celles d'une roue *B* qui est aussi conique; les dents de la roue *B* sont placées sur sa surface en forme de spirale *a b c*, et il est inutile d'observer que la forme, la position et les dimensions de chacune de ces dents sont déterminées par la forme et la position de la partie de la dent du pignon avec laquelle elles doivent s'engrener.

Ceci n'est qu'un cas particulier du problème général que nous venons de résoudre.

(M 8.) (*Plan et élévation.*)

Soit *A* un tambour; *B* un cône tronqué, dont le contour est cannelé en rainure creuse, faite en spirale, allant de la base au sommet, et *abc* une corde dont l'extrémité *a* est fixe au cône, près de sa base la plus petite; cette corde s'enveloppe autour de la rainure creuse, et va s'attacher à la surface du tambour en *c;* le mouvement uniforme de rotation du tambour produira un mouvement de rotation variable dans le cône tronqué, et réciproquement si c'est le cône tronqué qui tourne avec une vîtesse uniforme, le mouvement de rotation du tambour sera variable.

Dans les montres, on emploie comme moteur un ressort renfermé dans le tambour *A*, qu'on nomme *barrillet;* le cône tronqué *B* est connu sous le nom de *fusée.* Autour de la rainure creusée, s'enveloppe la chaîne qui va de la fusée au barrillet ou tambour; et c'est par l'inégalité des diamètres des spirales que la fusée obtient la propriété d'égaliser la force inégale du ressort.

Les horlogers parviennent, par le moyen d'une balance ou ressort, à donner à la fusée la forme qui convient à un ressort donné.

(N 8.)

AB est un madrier fixe; l'axe de la roue dentée *C* entre dans la

rainure *mn*; la roue *C* tend à s'approcher de *A* par le moyen d'un ressort; *D* est une surface, par exemple elliptique, dont le contour est garni de dents. Le mouvement circulaire uniforme de la roue *C* communiquera à la surface *D* un mouvement circulaire qui changera de vîtesse. Ce moyen présente les mêmes difficultés que (K 8, et L 8.) relativement à l'engrenage, et n'a lieu rigoureusement qu'en supposant les dents infiniment petites; mais on peut leur substituer une corde sans fin un peu élastique, ou bien tendue par le moyen d'un poids ou d'un ressort, sans oublier l'observation faite (B 8.) sur la manière de placer ce poids ou ressort.

(O 8.)

Joint brisé qui sert à changer le plan du mouvement circulaire : on en fait usage dans les instrumens d'astronomie, quand l'observateur, sans changer de place, a besoin de communiquer un mouvement circulaire à des points éloignés, et qui sont dans des plans différens.

MM. *de Betancourt* et *Breguet* ont fait une application très-ingénieuse de ce mouvement à leur télégraphe dans les points où la ligne télégrafique fait des angles; ils ont démontré, dans un mémoire qu'ils ont présenté à l'Institut national, que si le mouvement de rotation de l'un des deux axes est uniforme, celui de l'autre sera variable, et le rapport de la vîtesse du premier à celle du second sera le même que celui qu'il y a entre la valeur réelle des angles formés sur la surface d'un cercle perpendiculaire au premier axe par des rayons qui partagent sa circonférence en un certain nombre de parties égales, et la valeur apparente de ces mêmes angles mesurés par un observateur placé à une très-grande distance, dans une direction parallèle à celle du second axe. La connaissance de cette propriété est très-utile pour calculer les différences de résistance qui ont lieu dans ce mouvement, sur-tout quand on l'applique en grand, comme il arrive en Hollande, où l'on en fait un grand usage pour changer l'inclinaison des vis d'*Archimède* qui tournent par des moulins à vent, et qui servent pour les épuisemens.

Si on nomme I l'angle formé par les deux axes que nous supposerons horizontaux ; a l'angle formé par le rayon vertical et un autre quelconque du cercle dont le plan est perpendiculaire à l'axe qui tourne avec une vîtesse uniforme ; a' l'angle apparent correspondant, on aura $\text{tang.}\ a' = \frac{\text{tang.}\ a \cos.\ I}{R}$.

La différence des vîtesses des deux axes fait voir celle qui doit avoir lieu entre la puissance et la résistance dans le cas d'équilibre.

M. *Droz* a fait une application du *joint brisé* au laminoir de son invention.

Dans le n.° 24, tom. VIII, pag. 317 des *Annales des arts et manufactures*, on trouve l'explication d'un semoir universellement connu en Angleterre, inventé par M. *Wright*, où le joint brisé se trouve également employé : la description est tirée du volume XV, pag. 369 du *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres.

On peut aussi consulter l'ouvrage de *Gaspar Scholt*, dont le titre est : *Technica curiosa sive mirabilia artis, anno 1664*, pag. 664.

(P 8.)

Soit AB un axe qui se trouve interrompu par un obstacle ou par des circonstances particulières qui obligent à préférer cette construction à celle qui aurait lieu si l'axe était d'une seule pièce. On desire que ces deux portions tournent comme si l'axe était continu.

On fixera à chaque partie de l'axe interrompu AB une roue E et F d'un diamètre égal ; à côté de l'axe AB, on établira l'axe NM dans un plan parallèle à AB, et à égale distance des roues E et F ; sur cet axe on formera deux gorges C et D, dont les plans sont perpendiculaires à l'axe NM ; la distance qui les sépare l'un de l'autre doit être égale à la distance des roues E et F ; deux cordes sans fin embrassent les roues Q, R et les gorges C, D ; l'une de ces deux cordes est croisée, comme on voit dans la figure. Il est évident que par ce moyen l'action du moteur appliqué, par exemple, à l'extrémité B de l'axe AB, sera transmise

à l'autre extrémité A, absolument de la même manière que si cet axe était continu.

(Q 8.)

Les mécaniciens se trouvent souvent dans le cas d'employer différens moyens, soit pour régulariser les inégalités survenues à la force motrice, soit pour garantir les machines et les hommes des accidens quelquefois très-fâcheux auxquels donnent lieu des changemens trop brusques survenus à une des puissances qui agissent sur la machine. Tout le monde connaît l'usage qu'on fait des *fusées* (M 8), dans les montres ordinaires, pour rendre uniforme l'action inégale du ressort : les différens moyens qu'on emploie, soit pour rendre constante la longueur du pendule, qui tend continuellement à varier par l'action de la température, soit pour rendre isochrones les oscillations du balancier; on connaît aussi l'emploi qu'on fait d'une roue à ailes dans les *sonneries*, pour retarder, par la résistance que ces mêmes ailes éprouvent de la part de l'air, le mouvement trop rapide communiqué par le moteur, mécanisme qu'on emploie aussi dans d'autres machines. Dans le paragraphe (N 7′) nous avons fait connaître le moyen qu'on emploie dans la pompe à feu, pour régulariser l'action de la vapeur. Dans les machines où les hommes agissent comme moteur, par exemple, celles qu'on emploie ordinairement dans les ports de mer, soit pour les nettoyer, soit pour élever ou descendre des poids très-considérables, si la corde vient à casser, la vie des hommes serait en grand danger, sans l'usage généralement adopté d'un grand ressort en bois, connu sous le nom de *bride*, qui s'applique sur la circonférence de la grande roue; le frottement répare dans quelques instans le trouble produit par cet accident, et garantit de tout danger les hommes et la machine.

Notre ami, M. *Breguet*, vient d'employer dans la construction d'une pendule, un mécanisme qui a pour objet de régulariser approximativement l'action variable du moteur sur les derniers mobiles d'un mouvement de pendule, en augmentant le frottement à mesure que la force

motrice augmente : ce mécanisme est susceptible, à notre avis, d'autres applications. Il est composé de trois roues *A, B, C,* montées sur une plaque *EEEE'*, de deux pignons, et d'une bascule *D*, dont le centre de mouvement, variable au besoin, est en *E'*; cette bascule porte en *D* un pivot de la roue *B*, et vient s'appuyer sur une partie ronde fixe sur l'axe de la roue *C*.

Supposant que la roue *A* soit mue dans le sens de la flèche par une force variable, telle que celle d'un ressort; plus la force agissante sur cette roue sera forte, et plus cette roue aura d'effet sur le pignon de la roue *B*; mais comme ce pignon est porté par la bascule *D*, il la tire vers le point *B*, et fait appuyer son extrémité sur la partie ronde de la roue *C*, dont le frottement sur les pivots est considérablement augmenté, ce qui tend à diminuer le trop de force qu'aurait la roue *C*, quand le ressort sera armé de toute sa bande.

(R 8.) *(Plan et élévation.)*

A et *B* sont deux roues que nous supposerons d'abord de diamètres différens, comme on les voit représentées dans la figure ; elles entrent l'une et l'autre, à frottement doux, dans un axe commun et immobile, et se trouvent dans des plans différens : la circonférence de la roue *A* est taillée en gorge pour recevoir une corde sans fin, et la roue *B* a aussi non-seulement sa circonférence taillée de même, mais encore on a ménagé sur sa surface d'autres parties saillantes qui forment une suite de roues de différens diamètres, et dont les circonférences se trouvent aussi taillées en gorge.

Sur un axe perpendiculaire aux surfaces des deux roues *A* et *B*, se trouvent deux cercles *C*; le diamètre de ces roues est égal à la différence des diamètres des deux roues *A* et *B*; elles sont placées sur cet axe de manière que les dents de l'une peuvent s'engrener avec les dents de la roue *A*, et les dents de l'autre avec ceux de la roue *B*. La combinaison et la forme de ces engrenages est arbitraire et ne dépend que des circonstances qui peuvent décider le choix du mécanicien.

Deux tiges *e*, *f*, terminées par des anneaux qui entrent à frottement doux, l'une dans l'axe commun des deux roues *A* et *B*, et l'autre dans l'axe des deux roues *C*, obligent ce dernier axe à rester toujours parallèle au premier, autour duquel il peut tourner librement.

D est un cylindre à qui le moteur communique un mouvement circulaire continu. Deux cordes sans fin transmettent ces mouvemens en sens contraire aux deux roues *A* et *B*.

Soit maintenant *a* la longueur de l'arc parcouru par la roue *A*, et *b* celle de l'arc parcouru dans le même temps en sens contraire par la roue *B*, $\frac{a-b}{2}$ sera la longueur de l'arc parcouru dans le même temps par les tiges qui soutiennent l'axe des deux roues *C*, la longueur de tous ces arcs étant rapportée à un même cercle. Si $a = b$, comme il arrive dans le cas où les cordes enveloppent les circonférences des deux roues *A* et *B*, quel que soit le rapport de leurs diamètres, les centres des deux roues *C* resteront immobiles ; mais si on augmente la valeur de l'arc *b*, par exemple, en faisant successivement usage des roues que nous avons supposé garnir la surface de la roue *B*, les centres des deux roues *C* auront un mouvement de translation dans le sens de la roue *B*, égal à la moitié de la différence $a - b$, par conséquent aussi petit qu'on voudra, et qu'on peut varier à volonté.

Nous avons supposé les diamètres des deux roues *A* et *B* inégaux ; mais on peut aussi les supposer égaux, et dans ce cas il n'y aura qu'une seule roue *C*, dont le plan sera perpendiculaire au plan des deux autres : la roue *C* entre à frottement doux dans son axe, et cet axe de la roue *C* se termine, d'un côté, par un anneau qui entre dans l'axe commun à *A* et *B*, et de l'autre par un rebord qui empêche la roue *C* de s'éloigner de l'autre axe.

Cette dernière manière de résoudre le problème de la transformation du mouvement circulaire continu, en circulaire continu dans des rapports donnés de vîtesse, sera peut-être, dans la pratique, préférable à la première.

§. IX.

§. IX.

Le mouvement circulaire continu avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire alternatif avec une vîtesse ou constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 9.)

A est une roue dont le champ est garni d'ondes, et qui communique un mouvement circulaire alternatif au levier coudé *PSR.* On peut voir dans le Mémoire de M. *Desparcieux*, que nous avons déjà cité, la manière de construire ces ondes. *Mémoires de l'Académie* (la réciproque n'a pas lieu).

(B 9.)

C'est un cas particulier du mouvement précédent, dans lequel il n'y a qu'une seule onde. On en trouve l'application dans les ouvrages *The repertory of arts and manufactures*, vol. III, pag. 220; *Specification of the patent granted to M.* William Fulton, &c., *for his method of working pumps (as well on board ships as on land), rubbing-boards used in bleaching, and all other mechanical machines of similar natures, by means of cylinder with its appertenances*, et dans les *Annales des arts et manufactures*, tom. XXII, pag. 325.

On peut tracer sur la surface d'un cylindre une rainure de cette forme, puis, en y introduisant les extrémités de deux leviers, transmettre un mouvement alternatif à quatre pompes à-la-fois, en faisant que deux aspirent pendant que les deux autres refoulent.

(C 9.) (*Plan et élévation.*)

On déduira facilement du Mémoire de M. *Desparcieux*, déja cité (A 7.), le moyen de tracer une courbe *amnp*, creusée en gorge, et fixe à un levier *AB*, qui peut tourner librement autour d'un axe qui

traverse son extrémité *A*; si on suppose, 1.° que la roue *M* tourne uniformément autour de son centre; 2.° que la goupille *p* fixe à un point de la surface de la roue *M*, entre dans la gorge qui forme la courbe *amnp*, cette courbe peut être telle que le levier *AB* fasse des oscillations qui remplissent une des conditions suivantes : 1.° que les arcs décrits par un point quelconque de la règle *AB*, le soient avec une vîtesse uniforme; 2.° que cette vîtesse varie selon une loi donnée; 3.° enfin que ce ne soit pas l'arc décrit, mais bien sa corde qui soit parcourue avec une vîtesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée.

La courbe qu'on remarque dans cette figure a été tracée de manière à pouvoir satisfaire à la première de ces trois conditions.

(D 9.) *(Plan et élévation.)*

On peut aussi fixer la courbe *amnp* à la surface de la roue *M*, et faire en sorte que le mouvement circulaire uniformé de la roue *M* communique au levier *AB* un mouvement d'oscillation qui puisse satisfaire à une des trois conditions que nous venons d'exposer dans le mouvement qui précède, par le moyen d'une cheville *p* fixe au levier, et qui s'engage dans la rainure de la courbe *amnp*. La courbe tracée dans cette figure remplit la première des trois conditions. Les artifices que nous venons d'indiquer dans cet article et celui qui précède, sont susceptibles de différentes applications utiles aux arts, par la solution d'une foule de problèmes curieux.

Si c'est le mouvement circulaire alternatif du levier qu'on considère, tous ces mouvemens appartiennent à ce paragraphe; mais si c'est la corde de l'arc tracé sur laquelle on peut fixer une règle percée par une rainure, l'intersection de cette rainure avec une autre longitudinale faite dans le levier, offre un point vide dans lequel on peut introduire une pointe qui aura un mouvement rectiligne alternatif; dans ce cas, les deux mouvemens (C 9.) et (D 9.) appartiennent au §. VII. La même chose arrive, si c'est le mouvement d'un poids suspendu à l'extrémité de la règle, par le moyen d'une corde qui passe par une poulie de renvoi. Enfin si on

communique à la roue *M* un mouvement circulaire alternatif, ces mêmes mouvemens appartiendront au §. XVII et au §. XIX.

M. *Volet* a fait l'application du mouvement (D 9.) à l'échappement d'une montre. (*Machines approuvées par l'Ac. royale de Paris*, tom. VII, n.° 450.)

(E 9.)

Un cylindre *A* garni de cammes, fait lever le marteau *B*, qui tourne sur son axe *C*. Ce mouvement est trop connu pour nous arrêter à donner d'autres éclaircissemens.

(F 9.) (*Plan et élévation.*)

Solution inverse du problème §. IX: *A* est une extrémité de l'axe d'une grande roue ou volant garni d'un cercle *B* taillé en rochet. *CC* est une roue qui entre dans l'axe du volant par frottement doux; elle porte un cliquet *q* qui accroche dans la roue à rochet au moyen d'un ressort.

Le mouvement circulaire alternatif de la roue *C* transmettra au volant dont l'axe est *A*, un mouvement circulaire continu dans le même sens; mais la roue *C* n'agira que pendant la moitié de son oscillation. On peut voir dans le Rapport de MM. *de Prony* et *Molard*, cité plus haut (H 7), l'application que *White* a faite de ce mouvement à sa machine.

M. *Ridley*, artiste anglais, a appliqué ce même mouvement aux tours en l'air, d'une manière telle que la force motrice agit à l'instant que le pied est mis sur la pédale; l'effort s'en fait sentir constamment au point où l'on doit obtenir le plus grand effet. La description de cette nouvelle roue des tours en l'air, se trouve dans les *Annales des arts et manufactures*, n.os 19 et 20.

(G 9.)

C'est une application du mouvement précédent. *PQ* est un balancier qui a un mouvement circulaire alternatif qu'il communique à la roue *C*,

au moyen de la corde *a b c d e* tendue par le poids *P* ou par un ressort. La roue *C* entre par frottement doux dans l'axe *A* du volant *N;* l'extrémité de l'axe du volant est garnie d'une roue à rochet où s'accroche le cliquet *a* fixé dans la roue *C.* Le mouvement circulaire alternatif de la roue *C* fait tourner le volant dans le même sens.

Le n.° 46, VI.ᵉ vol. de la *Bibliothèque britannique,* article *Arts,* décrit une application de ce mouvement. « Verbal de la patente accordée » à *Thomas Bingen,* pour une manière de produire un mouvement de » rotation par l'action d'un mouvement alternatif dans une direction » quelconque, qui serait donnée par une machine à vapeur ou par un » autre principe. » Le rédacteur y a ajouté une note sur les volans.

(H 9.) *Planche 7.*

AB est un balancier susceptible d'un mouvement circulaire alternatif autour de l'axe *C; cd* une tige qui tourne librement sur son axe en *C;* à son extrémité *d* se trouve fixée la roue dentée *E,* qui engrène dans une autre *F* fixe à l'axe du volant *N;* dans la face opposée des deux roues dentées *E* et *F,* est une tige *ef* qui force la roue *E* à conserver cette même distance au centre de l'axe du volant; le mouvement alternatif circulaire du balancier *AB* contraint la roue *E* à monter et descendre; mais il ne peut avoir lieu sans que la roue *F* tourne sur son centre. Suivant la forme de la machine, le mouvement actuel peut être continu ou alternatif; mais l'inertie du volant le rend nécessairement continu et presque uniforme: la réciproque a lieu quand le mouvement a commencé. Dans les pompes à feu, on emploie ce mécanisme, connu sous le nom de *la mouche.* M. *de Prony* en a donné la description dans son *Archit. hydraul.*, II.ᵉ part., pag. 118.

On conçoit que, malgré que les deux roues *E, F* soient du même diamètre, le volant *N* doit faire deux révolutions pour chaque oscillation du balancier, ce qui dispense de faire les volans aussi grands que l'exigerait la manivelle ordinaire pour produire le même effet.

(19.)

Voici un extrait de la patente accordée, en Angleterre, à *Edmond Cartwreght*, pour un mouvement de rotation communiqué par la vapeur, et dont la vîtesse peut être augmentée à volonté, sans le secours d'aucun engrenage. Cet extrait, traduit de l'Anglais par M. *Henry*, ingénieur surnuméraire des mines, se trouve dans le *Journal des mines*, n.° 59, pag. 825.

« La partie supérieure *AB* du châssis qui embrasse la chaudière, le » cylindre, le volant et toutes les parties mouvantes de la machine, est » traversée par un axe sur lequel roule une poulie *C*, autour de laquelle » s'enveloppe une chaîne fixée au haut de la tige *T* du piston (la poulie » *C* est mise en mouvement alternatif circulaire par le piston et son » contre-poids *P*). Cet axe est armé d'une manivelle *D*, qui, au moyen » d'une alonge ou bielle *K*, communique à un levier *F* placé horizon- » talement sur le haut ou sur le côté de la chaudière. Il y a un autre axe » *X* placé au-dessus, ou au-dessous, ou à côté du premier, qui traverse » le volant *G*, et qui est terminé de l'autre côté par une manivelle *H*, » qui communique de la même manière que la précédente (par le moyen » de l'alonge *I*) au levier horizontal *F* dont on vient de parler.

» Il est évident que lorsque la poulie *C* est mise en mouvement par » l'action du piston *T*, la manivelle *D* qui termine son axe, fera mou- » voir celle de l'axe du volant *G*, puisqu'elles sont l'une et l'autre atta- » chées au même levier *F*. Si donc la poulie se meut dans la direction » de *a* en *b* et de *b* en *a* par l'action du piston et de son contre-poids, » et si la manivelle de l'axe de la poulie se meut dans la même direction, » celle de l'axe du volant fera les mêmes mouvemens de *va et vient*, à » moins que sa longueur, comme cela doit être en effet, ne soit telle- » ment déterminée, qu'à la fin de sa course elle puisse passer au-delà; » dans ce cas, le mouvement de rotation du volant aura lieu.

» Si la manivelle de l'axe de la poulie *C* est tellement disposée que » quand elle se meut dans un espace quelconque qui n'excède pas une

» révolution complète, la manivelle passe alors de *e* en *a* par *f*, ou
» dans la direction de l'espace parcouru par un point donné de la poulie;
» alors la manivelle fera faire deux vibrations au levier par un seul coup
» de piston, et dans le même temps le volant *G* fera deux révolutions.
» De plus, si le diamètre de la poulie est tellement proportionné qu'à
» chaque coup de piston la poulie achève une révolution et demie, et
» rétrograde d'autant, le levier recevra trois vibrations par chaque coup
» de piston. Enfin, si le diamètre de la poulie est proportionné de ma-
» nière à faire deux révolutions directes et rétrogrades pour chaque coup
» de piston, dans ce cas le levier fera quatre vibrations, et le volant
» quatre révolutions.

» On voit que par ce moyen le volant peut tourner avec une vîtesse
» donnée, sans le concours d'aucun engrenage. »

(K 9.)

Pédale ordinaire.

(L 9.)

Le changement du mouvement circulaire uniforme en circulaire alternatif variant de vîtesse d'une manière déterminée, est un problème qui a occupé l'attention des horlogers pour la fabrication des pendules et des montres à équation. En voici un exemple qui se trouve dans les *Machines approuvées par l'Académie*, tom. IV, n.° 267.

« Quadrature de pendule qui marque le temps vrai, inventée par le
» vicaire de Saint-Cyr.

» La roue annuelle *A* porte une courbe d'équation *BCD;* sur la
» largeur de cette courbe est pratiquée une goutière parallèle au bord de
» la courbe; dans cette goutière coule un bouton *E* adapté à la pièce
» *EF,* mobile au point *F;* ce bouton tient encore à une seconde pièce
» *EG* attachée au canon *H* qui porte l'aiguille des minutes *I,* de manière
» qu'elle suit les vibrations de la courbe dans plus de la moitié de la
» circonférence du cadran des minutes; ce qui est suffisant pour marquer
» les inégalités que marque l'équation. »

On trouvera d'autres mécanismes pour résoudre les mêmes problèmes, dans les Mémoires dont les titres suivent, et qui se trouvent dans la *Collection des Machines approuvées par l'Académie des sciences.*

Pendule qui marque le temps vrai, inventée par *Le Bon*, horloger, tom. III, n.° 146.

Quadrature de pendule qui marque le temps vrai, par le même, tom. IV, n.° 235.

Pendule qui marque le temps vrai, inventée par M. *Krieglissen*, tom. IV, n.° 269.

Quadrature d'une pendule qui marque le temps vrai et le temps moyen, par *Thiout*, tom. IV, n.° 278.

Montre à équation, inventée par M. *J. B. Dutertre*, tom. VII, n.° 453.

Pendule à équation, inventée par M. *Ferdinand Berthoud*, tom. VII, n.° 488.

Une autre pendule, tom. VII, n.° 495.

(M 9.)

Voici encore le mécanisme employé par notre ami M. *Breguet*, dans une pendule à équation.

Cette mécanique, de son invention, est composée de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile.

La partie fixe est la plaque *AAAA* tenue par quatre vis; elle est évidée en forme de courbe d'équation.

La mobile se compose d'une plaque *gg* ayant son centre de mouvement en *a*; elle porte une bascule dont le centre est en *b*; ses deux extrémités *c* et *d* s'appuient l'une *c* contre les bords de la courbe, l'autre *d* sur la prolongation *e* d'un indicateur ou aiguille *f* qui a même centre de rotation que la plaque *gg*. La prolongation de cette aiguille est maintenue contre l'extrémité *d* de la bascule, au moyen d'un ressort *h* établi par une vis sur la plaque *gg*; l'aiguille *J* est fixée et concentrique à la même plaque.

Le système mobile est emporté par la plaque *gg* qui fait une révolution

complète en un an. On conçoit que l'aiguille *J* qui est fixée sur la plaque, peut indiquer les jours de l'année, moyennant qu'elle soit placée sur un cadran divisé en trois cent soixante-cinq parties; l'aiguille *f* paraît devoir parcourir les mêmes espaces dans les mêmes temps, ce qui n'arrive cependant pas. Quand le levier *c* s'appuie sur la partie de la courbe la plus éloignée du centre, l'aiguille *f* doit être en retard sur celle *J* d'un certain nombre de divisions. Quand au contraire le bras appuie sur la partie *M* qui est la plus près du centre, l'aiguille *f* se trouve alors précéder celle *J* d'un certain nombre de divisions.

Cette différence de mouvement de l'aiguille *J* à l'aiguille *f* est produite par le levier *c b d* qui s'appuie sur la courbe de la plaque *A A A A*, et cette courbe est telle qu'elle fait devancer ou retarder l'aiguille *f* sur l'aiguille *J*, d'un nombre de divisions égal à celui des minutes dont diffère le temps vrai sur le temps moyen à la date du jour qu'indique l'aiguille *J*.

(N 9.)

Levier à rochet inventé par M. *de la Garousse. Machines approuvées par l'Académie des Sciences*, tom. II, n.° 74. Le mouvement circulaire alternatif se change en circulaire continu sans que la réciproque puisse avoir lieu.

Les étriers *I L, M N,* mobiles aux points *I, M,* sont tellement disposés que le levier, par un mouvement alternatif et continu, force l'un d'eux à tirer sans cesse vers lui le rochet, tandis que l'autre échappe à la dent qu'il avait prise, et en reprend une autre.

L'auteur applique son levier à une machine pour faire mouvoir à-la-fois quatre moulins à blé. Tom. II, n.° 121.

(O 9.)

Levier à roue dentée, inventé par M. *de la Garousse. Machines approuvées par l'Académie*, tom. II, n.° 72. C'est une modification du précédent.

Le

Le grand levier AB a son point d'appui en C; au-dessus et au-dessous sont deux pattes ou pieds de biche D, E, mobiles autour de leurs clous; chacune de ces pattes est appuyée sur un des fuseaux de la lanterne F.

Le mouvement circulaire alternatif du grand levier produit le circulaire continu de la roue F, sur les fuseaux de laquelle agissent tour-à-tour les deux pattes D et E. Si on enveloppe une corde à l'axe de la roue F, on produira un mouvement rectiligne continu, et par conséquent ce mouvement appartiendra au §. IV.

(P 9.)

ab est une espèce de pendule ou de longue manivelle attachée à l'axe de la roue R, qui sert à lui imprimer un mouvement circulaire alternatif; les deux cliquets on, pk sont adaptés à sa surface par des charnières, et engrènent dans les dents diamétralement opposées de la roue de champ ST taillée en rochet, en lui communiquant un mouvement circulaire continu, lorsque la puissance agit sans interruption.

M. *Alix* (*Mach. appr. par l'Acad. des sciences,* tome V, n.° 209) a appliqué ce mouvement à la construction d'une machine pour traîner des fardeaux.

(Q 9.)

C'est une modification du levier de M. *de la Garouste*, mais qui lui est inférieure, parce qu'ici la puissance n'agit pas toujours.

M. *Henry* proposa cette machine pour élever des fardeaux. *Machines approuvées par l'Académie,* tome IV, n.° 264.

On trouve différens leviers à *Garouste* dans le I.er volume de l'*Architecture hydraulique* de M. *Bélidor*.

(R 9.)

A est une roue en partie dentée sur son champ; B et C sont deux roues dentées fixes à l'axe de; leur distance doit être égale au diamètre de la roue A. Il est évident que la partie dentée de la roue A, qui doit

être toujours moindre que la demi-circonférence, engrènera alternativement avec les roues *B* et *C*, et communiquera un mouvement circulaire alternatif à l'axe *de*.

Si les deux roues *B* et *C* étaient en partie dentées sur leurs faces internes, et que la roue *A*, entièrement garnie de dents dans sa circonférence, fût placée entre les bords des roues *B* et *C*, il est évident que le mouvement circulaire continu de l'axe *de* produirait un mouvement circulaire alternatif dans l'axe de la roue *A*.

L'engrénage conique convient à ce mécanisme, quoique la figure ne l'indique pas.

Remarque.

Dans toutes les machines qui ont pour objet la mesure du temps, le moteur communique un mouvement de rotation continu à chaque roue du système : pour rendre ce mouvement uniforme malgré toutes les inégalités qui doivent affecter un pareil système, soit par le moteur, par l'imperfection de la main-d'œuvre, par l'influence de la température, soit par toute autre cause, on a imaginé de mettre en contact la dernière roue du rouage qu'on appelle *roue d'échappement* avec le régulateur, qui est le pendule ou le balancier. Ce régulateur a un mouvement alternatif circulaire, et jouit aujourd'hui, par le degré de perfection auquel l'art de l'horlogerie est parvenu, de la propriété de faire ses oscillations dans le même intervalle de temps, quelle que soit la température de l'atmosphère, et l'étendue de ces mêmes oscillations, propriété qu'on lui donne par des moyens très-ingénieux qui ne sont pas de notre ressort.

Pour établir la communication entre le mouvement circulaire continu de la roue d'échappement et le mouvement circulaire alternatif du régulateur, on emploie un mécanisme qu'on nomme *échappement*, dont les fonctions sont (a) de restituer au régulateur la force qu'il perd à chaque vibration par le frottement qu'il éprouve, et par la résistance de l'air,

---

(a) *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, par *Ferdinand Berthoud*, tom. II, pag. 303.

et de faire participer au rouage de l'uniformité du mouvement du régulateur.

(a) Tous les échappemens connus peuvent se diviser en quatre classes ou genres très-distincts : savoir,

1.° Les échappemens à *recul*,

2.° Les échappemens à *repos*,

3.° Les échappemens à *vibrations libres*,

4.° Les échappemens à *vibrations libres et à remontoir d'égalité d'arcs.*

Les échappemens à recul sont ceux dans lesquels la roue pousse continuellement le régulateur, au moyen de son action alternative sur les deux palettes ; d'où il arrive que lorsqu'une dent de la roue quitte une palette, une autre dent retombe sur la palette opposée, et le régulateur, continuant sa vibration, donne un mouvement rétrograde à la roue.

Les échappemens à recul sont de trois espèces principales ; celui à *roue de rencontre*, celui à *ancre*, et l'*échappement à double levier.*

Les échappemens à repos sont ceux dans lesquels la dent de la roue, s'échappant de la palette ou levier d'impulsion, tombe sur un plan circulaire ou sur une portion cylindrique portée par le régulateur, et celui-ci continuant son mouvement, la dent reste immobile. On en connaît deux principaux, celui qu'on emploie dans les horloges à pendule, et celui qu'on appelle à *cylindre*, dont on se sert dans les montres.

L'échappement à vibrations libres est aussi à repos ; car après l'impulsion, la roue reste immobile ; mais ici ce repos diffère de celui des échappemens dont nous venons de parler, en ce que la roue, après son impulsion, ne touche ni ne s'appuie sur une portion du cercle portée par le régulateur ; mais elle est arrêtée par une pièce séparée de ce cercle, tellement que le régulateur achève librement sa vibration sans éprouver aucune résistance de la part de l'échappement.

(b) *L'échappement-libre-remontoir* diffère de tous les autres échappemens

---

(a) *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, par *Ferdinand Berthoud*, tom. II, page 2.

(b) *Ibid.*, tome II, page 44.

employés soit dans les horloges ou dans les montres : en effet, dans tous ces échappemens, l'action de la roue d'échappement agit immédiatement sur le régulateur, et lui imprime la force qui lui est transmise par le rouage et le moteur, sans modification ; en sorte que cette force ne peut pas être considérée comme parfaitement constante à cause des inégalités des engrenages, des frottemens de pivots et de celles même du moteur. Dans l'échappement-libre-remontoir, la roue d'échappement n'agit pas immédiatement sur le régulateur ; mais à chaque vibration elle bande un ressort jusqu'à un point fixe et déterminé : ce ressort, au retour du balancier, est lâché, de sorte qu'en se débandant, sa force rend au balancier celle qui est nécessaire pour entretenir son mouvement ; d'où il paraît que cette force doit toujours être constante, et par conséquent imprimer au balancier la même action, et que celui-ci doit décrire des arcs constamment de même étendue. Cette invention paraît dater du commencement du XVIIe siècle.

Nous sommes loin de vouloir donner la description de tous les échappemens qu'on a inventés, encore moins de nous constituer juges de leur mérite, nous nous contenterons de donner quelques exemples de chacune de ces quatre classes d'échappemens ; ceux qui auront besoin d'acquérir des connaissances plus étendues, pourront consulter les ouvrages de M. *Berthoud*, source où nous avons puisé ce que nous allons exposer sur cet objet.

(S 9.)

Échappement à roue de rencontre à recul. La roue d'*échappement* II' reçoit du moteur un mouvement circulaire continu dans le sens $ISI'S'$, (qui fait que les côtés des dents perpendiculaires au plan de la roue marchent en avant) et transmet ce mouvement aux leviers ou palettes h, i portés par l'axe vertical K auquel est fixé le balancier.

Le mouvement alternatif ou de vibration du balancier est ici produit par l'action de la roue II' sur les palettes de l'axe du balancier ; elles forment entre elles un angle d'environ 90 degrés ; en sorte que lorsqu'une dent de la roue a écarté la palette h et qu'elle échappe, l'autre

palette *i* se présente à une dent diamétralement opposée de la roue qui l'écarte à son tour ; tellement que la roue tournant toujours du même côté, le balancier va et vient sur lui-même, forme des vibrations qui modèrent et règlent la vîtesse de la roue *I*, et par conséquent du rouage.

Il y a loin de ce balancier à celui que nous avons nommé *régulateur*, lequel doit avoir la propriété de faire par lui-même des oscillations isochrones.

M. *Huygens* transforma cet échappement, en 1675, en celui dit *à pirouette*, en appliquant le spiral au balancier (découverte qui, selon *Leibnitz*, appartient à M. *Huygens*). Cette transformation a pour but de faire faire plusieurs tours au balancier à chaque vibration : pour cela il transforma le balancier en roue dentée, qu'il fit engrener dans un pignon dont l'axe était celui du balancier.

(T 9.)

Échappement à repos pour les horloges à pendule à secondes, construit par M. *Graham*. Cet échappement ne diffère pas beaucoup de celui à ancre à rochet à recul, que M. *Clément*, horloger de Londres ; inventa en 1680. La pièce qui forme l'échappement est de même une ancre ; mais avec la différence que les palettes de l'ancre sont tellement construites qu'elles ne causent pas de recul, et qu'au contraire cet échappement est à repos, au moyen de portions de cercle formées sur les palettes, lesquelles correspondent aux plans inclinés qui produisent l'impulsion ou action qui entretient le mouvement du pendule. On peut consulter le *Traité* de *Thiout*, page 93, et l'*Essai sur l'horlogerie*, de *Berthoud*, n.° 1324, sur la courbure que l'on doit donner aux faces de l'ancre pour rendre les oscillations du pendule isochrones.

L'échappement à repos de *Graham*, employé dans les horloges à pendule, étant exécuté avec les soins et la précision requis, est encore aujourd'hui un des plus parfaits dont on puisse faire usage dans ces machines, sur-tout en faisant les palettes en rubis, ainsi que quelques artistes l'ont pratiqué.

Voici comment cet échappement agit : la partie *a*, par exemple, vient d'échapper, celle *b* reçoit sur sa partie circulaire le choc de la dent du rochet; la vibration s'achevant, la palette s'enfonce dans le fond de la dent sans y toucher : la vibration revenant, le rochet reste immobile, et n'a d'action que lorsque le plan incliné se présente à la pointe de la dent; pour lors la dent agissant sur ce plan, oblige la palette de s'écarter, et en échappant, la dent *c* tombe, frappe sur la partie circulaire de la palette *a*, et est retenue jusqu'à ce que son plan incliné se présente, pour lors la dent du rochet cesse d'être immobile, elle suit le plan incliné de la palette, et en s'écartant, restitue le mouvement au pendule.

(U 9.)

Échappement à repos à cylindre pour les montres, inventé par *Graham*. *F* est la roue d'échappement garnie des plans inclinés *i*; le balancier est porté par un axe cylindrique dont une portion est creusée comme on voit en *B*; le diamètre intérieur de ce cylindre creux est égal à la longueur d'une dent, et peut tourner autour de cette dent près d'un tour. On voit par cette description que le balancier venant de *a* vers *b* et *c*, la roue *F* reste en repos, et quand le point *a* arrive à l'extrémité du plan incliné *i*, celui-ci transmet l'action de la roue au balancier, et va s'appuyer dans la partie intérieure *c* du cylindre; la roue reste encore en repos, le balancier revient en sens opposé, reçoit encore l'action du même plan incliné à sa sortie par *c*, et la dent suivante vient s'appuyer sur sa partie extérieure comme la précédente, et ainsi de suite.

(A 9'.)

Échappement à repos à chevilles, par M. *Amant*, horloger à Paris. Il est composé d'une roue plate, dans laquelle est fixée une rangée de chevilles. La cheville *I* quittant la palette *A*, celle *B* reçoit le choc de l'échappement; la vibration continuant, la palette *B* s'enfonce, et la roue reste immobile, ce qui fait que l'aiguille des secondes ne recule

point. La vibration revenant, la cheville agissant sur le plan incliné, restitue le mouvement, &c.

Dans les échappemens à repos, comme nous venons de voir, immédiatement après qu'une dent de la roue d'échappement a donné l'impulsion au régulateur, cette même dent va s'appuyer sur une portion circulaire portée par l'axe du régulateur, en sorte que cette dent passe sur le cylindre ou portion de cercle de cet axe, pendant tout le temps employé par le régulateur pour achever sa vibration. Or, comme cette portion de cylindre est contigüe à l'axe du régulateur, il s'ensuit nécessairement que pendant que le régulateur achève sa vibration et que l'action de la roue d'échappement est ainsi suspendue par le cylindre ou portion de cercle portée par son axe, la roue d'échappement reste parfaitement immobile, c'est-à-dire, qu'elle n'avance ni ne rétrograde : c'est par cette raison que cette espèce d'échappement a été appelée *à repos;* mais cet échappement, malgré ses avantages apparens, et tant vanté, entraîne nécessairement par sa nature, et des frottemens, et les vibrations qui en sont la suite; en sorte que, quelque parfaite qu'en soit l'exécution, comme il exige de l'huile, il entraîne par-là des résistances variables très-nuisibles. Ce sont ces difficultés ou défauts qu'on vient de remarquer dans l'échappement à repos ordinaire, qui obligèrent M. *Berthoud* (comme il le dit) à rechercher les moyens de les éviter; il combina pour cet effet l'échappement de manière que dès que la roue a donné son impulsion, le régulateur puisse achever librement sa vibration, et que, pendant ce temps, l'effort ou action de la roue ne soit point suspendu, comme dans l'échappement à repos, par le régulateur même, mais par une détente que le régulateur ou balancier dégage en un temps indivisible; en sorte que le régulateur n'éprouve par-là aucune autre espèce de résistance ou de frottement que celle de dégager la détente qui suspendait l'effort de la roue, pendant que le balancier oscillait librement; et d'ailleurs le moment de l'impulsion de la roue se fait sur le balancier, de manière à n'éprouver que le plus petit frottement, et sans qu'il soit nécessaire d'employer de l'huile. Telle est la première idée que M. *Berthoud*

conçut de l'échappement auquel il donna le nom d'*échappement à vibrations libres*.

Dans cet échappement, le balancier fait deux vibrations, pendant qu'il n'échappe qu'une dent de la roue en un seul temps, c'est-à-dire, que le balancier va et revient sur lui-même, et qu'à son retour à la seconde vibration, la roue en échappant, restitue en une vibration, au régulateur, la force qu'il a perdue en deux. Ainsi pendant toute une vibration et la plus grande partie de la seconde, l'action de la roue demeure suspendue par une détente, en sorte que le balancier, pendant ce temps, oscille librement.

L'invention de l'échappement à vibrations libres paraît appartenir également à plusieurs artistes, qui, sans connaître ce que chacun avait pensé, en ont eu à-peu-près les mêmes idées. Ces artistes sont MM. *Le Roy*, *Thomas Mudye*, artiste anglais, et *Ferdinand Berthoud*. Long-temps avant eux, *Jean-Baptiste Dutertre* avait eu l'idée d'un semblable mécanisme; mais celui de cet artiste ne nous est pas connu, et n'a jamais été publié.

(B 9'.)

Échappement à vibrations libres, d'après les principes de M. Arnold. *C* est la roue d'échappement ; *D*, pièce échancrée fixe à l'axe du balancier; *t*, petite pointe saillante fixe aussi au même axe; *nm*, ressort dont le centre de mouvement se trouve en *n*; ce ressort tend constamment à s'approcher de la roue *C*, et arrête son mouvement par sa partie saillante *q*; à son extrémité *m* s'élève une pointe *p*. Ce ressort *nm* est garni d'un autre extrêmement délié *rs* dont le centre de rotation se trouve en *r*.

Cela posé, supposons que le balancier tourne dans le sens indiqué par la flèche, la pointe *t* de son axe rencontrera l'extrémité *s* du ressort *rs* et passera outre en n'éprouvant qu'une très-faible résistance; mais à l'oscillation contraire, le ressort *rs* rencontre l'obstacle *p* qui se trouve à une distance très-petite de son extrémité *s*, et au lieu de se plier en *r*, il oblige le ressort *nm* à tourner autour de *n*, et par conséquent il laisse

échapper

échapper une dent de la roue *C;* dans ce même moment une autre dent de la roue *C* frappe dans l'échancrure de la pièce *D,* et restitue au balancier, la force perdue. C'est ainsi qu'à chaque vibration double du balancier la pointe *q* du ressort *nm* laisse passer une dent de la roue *C,* et le balancier reçoit une nouvelle impulsion.

(C 9'.)

Échappement à vibrations libres, par *Ferdinand Berthoud* (tom. II, page 35 de l'*Histoire de la mesure du temps par les horloges.*)

A représente la roue d'échappement, *abe* la détente; le bras *a* de la détente suspend l'action de la roue pendant que le balancier oscille librement; le ressort *d* sert à ramener cette détente aussitôt que la palette *c* a achevé d'écarter le bras *b :* c'est en ce moment qu'une dent de la roue *A* va agir sur le rouleau *h* porté par le régulateur, et transmet sa force pour entretenir le mouvement du balancier; celui-ci ayant achevé son oscillation, revient sur lui-même, et en rétrogradant, la palette *c* rencontre le bout *b* de la détente; mais elle cède, en s'écartant de ce bras, et en se rapprochant vers le centre du cercle éloigné de *b :* le ressort *l* la ramène pour la remettre en prise lorsque le balancier a achevé son oscillation ; en sorte qu'en revenant, cette palette *c* se présente de nouveau au bras de la détente pour dégager la roue, et restituer de nouveau l'impulsion au balancier.

Échappement libre à remontoir.

Le 17 août 1796, M. *Charles Halay,* horloger anglais, obtint une patente pour un échappement libre à remontoir, dont on trouvera la description dans le *Répertoire des arts et manufactures*, n.° 33, page 145, VIe volume, et dans le tome VIII, page 38 des *Annales des arts et manufactures.* M. *Berthoud* en donne un extrait dans le IIe vol., pag. 50 de l'*Histoire de la mesure du temps par les horloges.*

Dans les *Annales des arts et manufactures,* tom. IX, page 69, on trouve aussi la description de l'échappement de M. *Delafons.*

(D 9'.)

Description de l'échappement à remontoir de M. *Breguet, pour les montres*; tom. II, page 55 de l'*Histoire de la mesure du temps par les horloges*, par M. *Berthoud.*

AA est une platine de métal sur laquelle se fixe tout l'échappement; pour bien entendre son mécanisme, il faut en distinguer trois parties, dont on va décrire le jeu séparé, et dont on expliquera ensuite l'action réciproque.

Première partie. Cette première partie est composée, 1.° des roues *BB' d'arrêt* et *D d'armure* faisant corps ensemble. La roue *BB'* est soumise à l'action du moteur primitif, par un système d'engrenage qui tend à la faire tourner dans le sens *BCB'* ;

2.° D'un pignon *g* qui engrène dans la roue d'arrêt *BB'* et qui a le même nombre de dents que la roue d'armure, lesquelles dents correspondent à l'espace entre deux dents consécutives de la roue d'armure. Par ce moyen, le pignon peut, à chacune de ses révolutions, se trouver vis-à-vis d'une des dents de la roue d'armure. L'axe de ce pignon porte un volant *igh;* la branche *gi* de ce volant est plus courte que l'autre *gh*, à l'extrémité de laquelle est fixée une petite pièce d'acier ;

3.° D'un ressort d'arrêt *rrF*, à angle droit sur la direction du volant fixé à son extrémité *rr*, et qui, vers les deux tiers de sa longueur environ, a un rubis saillant *V*, qu'on peut faire aussi de toute autre pierre fine ou d'acier trempé. Dans l'état de la machine représentée par la figure, ce rubis s'appuie contre l'extrémité *h* du volant; il fait par-là l'office d'un arrêt qui, empêchant ce volant de se mouvoir dans le sens que le pignon *g*, sollicité par la roue *BB'*, tend à le faire tourner, suspend ainsi la révolution de la roue *BB'*, et par conséquent l'action du moteur. Mais, si une cause quelconque fait plier le ressort *rrF* du côté du pignon *g*, à l'instant où le rubis *V* se trouvera vis-à-vis de l'entaille qui est près de l'extrémité *h*, le volant s'échappera et fera une révolution; et si au bout de cette révolution, le ressort *rrF* a pris la première position *hi*, il s'arrêtera contre le rubis *V* et n'ira pas plus loin.

Seconde partie. Cette seconde partie est composée ;

1.° D'un ressort *G* de pulsion, courbe à son extrémité. Ce ressort est la pièce qui, ainsi qu'on le verra bientôt, sert à restituer la force au régulateur à chaque oscillation ; il porte un mentonnet ou loquet *m*, dans lequel on voit une petite encoche avec un petit rubis *p*, saillant sur sa surface intérieure. Ce loquet et ce rubis servent, avec la pièce qu'on va décrire, à arrêter le ressort de pulsion, lorsqu'il a été plié par la roue d'armure *DD'*, qui lui transmet l'action du moteur primitif ;

2.° D'un ressort d'accrochement *aH*, fixé à son extrémité *a*, sur lequel est attaché un autre ressort *N* extrêmement faible. Le ressort *H* porte un rubis *p* destiné à entrer dans l'entaille *m* du loquet *m*, et à fixer ce ressort lorsqu'il est bandé. Un autre rubis placé à son extrémité *s* retient le ressort *N*, de manière que le bout de ce ressort, pressé de droite à gauche, n'oppose qu'une très-faible résistance, et pressé de gauche à droite, il reporte sur le rubis *s* tout l'effort qu'il éprouve, et, faisant plier le ressort *H*, dégage le rubis *p* de l'entaille du loquet *m*.

Troisième partie. Cette troisième partie consiste dans les pièces *K* et *b* portées par l'extrémité supérieure de l'axe du balancier, et qui sont placées à un quart de circonférence l'une de l'autre. Lorsque l'oscillation du balancier se fait de droite à gauche ou dans le sens *bk*, la pièce *k* fait plier le ressort et passe outre ; et comme la pièce *b* est placée au-dessus du plan de la roue d'arrêt *B* et au-dessous du ressort *H*, l'oscillation de droite à gauche s'achève librement, et sans autre obstacle que la flexion du ressort *N*. Mais, lorsque le balancier fait ensuite l'oscillation de gauche à droite ou dans le sens contraire, la cheville *K* fait presser le ressort *N* contre le rubis *s*, le ressort *H* se plie, le rubis *p* se dégage du loquet *m*, et le ressort *G*, abandonné à lui-même, produit l'effet dont nous parlerons bientôt.

Restitution de la Force motrice et continuation du Mouvement.

On connaît aisément, par la description des trois articles précédens,

comment la force motrice se répare, et comment le mouvement se perpétue. A l'instant où le rubis p du ressort H est dégagé de l'entaille du loquet m du ressort G, et où ce ressort G est libre, à cet instant, dis-je, la partie droite de la levée b se trouve perpendiculaire à la direction du mouvement de l'extrémité q du ressort G, lequel vient la frapper et rendre aussi au balancier la force qui lui est nécessaire pour achever son oscillation : aussitôt après cette première percussion, la même extrémité q va frapper le bout F du ressort Frr, le fait plier, et envoie le rubis V vis-à-vis l'entaille du volant ik : celui-ci devient libre alors; et la force motrice primitive qui agit sur la roue BB' et de suite sur le pignon, lui fait décrire une révolution, au bout de laquelle trouvant le ressort Frr à sa première place, il l'arrête de nouveau contre le rubis V; mais, pendant cette révolution, une dent de la roue DD' a pressé sur une dent n qu'on voit près de l'extrémité q du ressort G qu'elle a forcé par conséquent de retourner en arrière; continuant d'agir d'après le rapport établi entre les dentures de B et de D, jusqu'à ce que le rubis p du ressort H soit engagé de rechef dans le loquet m, alors tout revient dans l'état représenté dans la figure, et ainsi de suite.

(E 9'.)

Voici encore un échappement à remontoir pour les pendules, de l'invention de M. *Breguet*.

A est le dernier mobile qui tend à marcher de droite à gauche dans le sens de la flèche.

B, roue à six dents courbes, fixée sur le même axe que la roue *A*; mais elle est placée à l'extrémité opposée de l'axe.

C, pignon qui engrène dans la roue *A* et qui doit faire six révolutions pour une de la roue *A*.

D, volant qui entre à frottement doux dans l'arbre du pignon, et que, par le moyen d'un petit ressort qui le presse, lui permet de continuer son mouvement, quand le pignon se trouve arrêté subitement.

E, aile ou petite traverse d'acier fixée sur l'arbre du pignon *C*, et qui s'appuie contre la pièce d'arrêt *F*.

F, arrêt qui peut tourner sur le pivot *v*.

G, arbre qui porte trois pièces essentielles pour l'échappement : 1.° la pièce *c*, qui d'un côté est taillée en forme de dent courbe *d*, et qui du côté opposé a deux entailles, pour former deux dents à rochet *e*, *f* : la première de ces deux entailles sert pour arrêter le mouvement de l'arbre au moyen de la pièce d'arrêt *H*, et la seconde, pour donner l'impulsion au pendule, quand l'arbre se trouve entièrement libre ; 2.° une goupille ou petit rouleau *g* fixé dans la pièce *c* pour lever l'arrêt *F*, 3.° un petit poids *h*, qui, par le moyen d'une vis, peut s'approcher ou s'écarter de l'axe pour régler la force de l'impulsion que doit recevoir le pendule, suivant l'arc qu'on desire qu'il décrive dans son oscillation.

H, pièce d'arrêt qui peut tourner très-librement sur son centre, qui est fixé à la cage du rouage.

II, lentille du pendule suspendue à la partie supérieure.

LL, pièce de cuivre fixée à la lentille du pendule.

M, petit levier très-léger, qui d'un côté peut tourner sur son pivot *i*, et de l'autre s'appuie sur une goupille *l*; il porte lui-même un petit couteau saillant *m*, qui sert à décrocher la pièce d'arrêt *H*, et laisser libre le mouvement de l'arbre *G*.

N, couteau sur lequel le pendule reçoit l'impulsion. Sa saillie ou élévation doit être telle qu'il puisse passer librement derrière la pièce d'arrêt *H*, et avoir une partie engagée dans l'épaisseur de la pièce *c*; sa hauteur ou partie inférieure doit, dans son mouvement, effleurer le bout de la dent *f*, sans cependant la toucher.

Le moteur tend à faire tourner la roue *A*, la traverse *E* se trouvant arrêtée par la pièce *F* : si nous supposons que la lentille va faire son oscillation de droite à gauche, le couteau saillant *m* du petit levier *M* touchera le bout de la pièce d'arrêt *H*, et décrochera la dent *e* au même temps que le couteau *N* se présentera devant la dent d'impulsion *f*. L'arbre *G* se trouvant entièrement libre, est sollicité, tant par le poids

de la dent *d* que par le petit poids *h*, à tourner de droite à gauche ; e
comme son mouvement est plus rapide que celui du pendule, il attei
le couteau *N* et lui donne l'impulsion, puisque la dent *f* s'élève da
son mouvement. L'arbre *G* continuant son mouvement, la goupille
touche la queue de l'arrêt *F*, et laisse le volant *D* libre, au même temp
que la dent *d* va se présenter devant la dent *p*. Pour lors, tandis que l
volant fait une révolution, la dent *p* agissant sur la dent *d*, conduit l'arbr
G à sa première position, la pièce *F* se présente pour arrêter le volant
et la pièce d'arrêt *H* entre dans l'encoche *e* pour arrêter l'arbre *G*. L
pendule marchant de gauche à droite, ne trouve pas d'autre obstacl
que la tête de la pièce d'arrêt *H* sur laquelle touche le couteau *m*; mai
étant tous deux taillés en plans inclinés, le levier *M* s'élève et retomb
ensuite à sa première situation.

Nous pensons que cette manière de rétablir la force que perd un pen-
dule dans ses oscillations, est ce qu'on a trouvé jusqu'à présent de plu
parfait.

§. X.

Le Mouvement circulaire continu avec une vîtesse uniforme ou variable d'aprè une loi donnée, peut se changer en un Mouvement d'après une courbe donné continue, rentrante en elle même et fermée, avec une vîtesse de même natur que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une lo donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 10.) *Planche 8.*

Première Solution générale du problème.

Nous avons vu qu'un mouvement circulaire continu peut se change
en un autre rectiligne alternatif : or, comme tous les points d'une courb
plane quelconque peuvent être rapportés à deux droites coordonnées
il sera très-aisé de faire parcourir à la pointe d'un crayon, par exemple
une courbe plane quelconque donnée dans l'espace, et par conséquen
de lui faire tracer cette figure sur un plan.

Soit F la courbe donnée ; on demande que la pointe d'un crayon ou d'un outil quelconque trace cette courbe sur la surface PQ par le moyen d'un mouvement circulaire continu de la roue D. On prendra trois roues dentées A, B, C d'une grandeur convenable, qu'on placera comme l'indique la figure, et qui recevront leur mouvement de celui de la roue D; mn, pq sont deux règles qui doivent se mouvoir en *va et vient*, en conservant leur direction au moyen des tenons ou des coulisses a, b, c, d. Elles sont terminées en m et q par deux règles perpendiculaires rs, tu, percées chacune par une rainure. Le crayon ou l'outil qui doit tracer la courbe donnée, est placé dans l'intersection des deux rainures. Sur la courbe donnée, on prend le nombre de points qu'on veut, et que, par les raisons que nous avons développées (A 7.), l'on tâche de multiplier dans les endroits où les changemens de courbure sont plus brusques, en suivant la méthode donnée au paragraphe cité. On trace sur les surfaces A et C les courbes convenables, qui doivent être telles que, les extrémités n et p des tiges s'appuyant sur ces courbes tracées en relief, par le moyen d'un ressort ou autrement, l'intersection des rainures ou le crayon qui en tient la place, parcoure les points qu'on a choisis; ce qui, d'après l'explication donnée (A 7.), ne présente aucune difficulté.

(B 10.)

La solution générale que nous venons de donner de ce problème, est la seule qui convienne à notre tableau, où il n'est question que de la transformation d'un mouvement en un autre. Mais dans les arts il ne suffit pas d'obtenir le résultat qu'on desire, il faut en outre y arriver par des constructions les plus aisées, les plus simples, les plus solides et les plus analogues aux habitudes des ouvriers. En général, pour remplir toutes ces conditions, il faut partager les mouvemens entre les différentes parties de la machine; et comme ce partage est arbitraire, on peut atteindre le but de plusieurs manières. C'est au mécanicien habile à calculer d'avance toutes les combinaisons possibles entre le nombre de

mouvemens qu'il veut produire et les parties constituantes de sa machine, pour choisir la plus simple.

L'objet qu'on s'est proposé dans le problème qui nous occupe, n'est pas tant de faire parcourir une certaine courbe à un point tel que l'extrémité d'un outil, que de tracer cette même courbe sur une surface plane donnée. Pour cet effet, on fixera la surface PQ à l'extrémité de la tige pq; par-là, cette surface, auparavant immobile, recevra un mouvement rectiligne alternatif; ayant fixé le crayon ou l'outil au bout m de l'autre tige mn, on tracera les courbes convenables sur les surfaces A et C, et on aura de la sorte une machine que nous croyons neuve et susceptible d'application utile dans les arts.

(C 10.)

Seconde Solution générale du problème.

Les points d'une courbe donnée peuvent aussi être assujettis à des coordonnées angulaires ; ces courbes sont de deux espèces : 1.° les courbes fermées dans l'intérieur desquelles on peut trouver un point tel, que toutes les droites qui passent par ce point ne puissent rencontrer que deux points de la courbe; 2.° les courbes fermées dans l'intérieur desquelles on ne peut trouver aucun point qui jouisse de cette propriété.

On peut, sans aucune difficulté, tracer les courbes de la première espèce par un mouvement circulaire continu. En effet, soit ABD (*fig.* α, *pl. 10*) la courbe donnée, et qu'on prenne dans son intérieur un point quelconque C pour centre du mouvement circulaire de la règle PQ qui tourne dans le même sens, tandis que la règle TO glisse sur PQ. Pendant que le point O trace la courbe donnée, l'extrémité T en trace une autre abd, et la réciproque a lieu de même. La longueur de la règle OT étant arbitraire, on aurait pu prendre à sa place la règle OT', et l'on aurait trouvé une autre courbe $a'b'd'$, qui satisfait aussi aux conditions du problème. On voit qu'il est susceptible d'une infinité de solutions, toutes extrêmement simples. On doit seulement prendre garde de ne pas placer

le

le centre C dans la direction de quelque élément de la ligne donnée, pour éviter les mouvemens trop brusques de la règle OT.

Les courbes de la seconde espèce offrent quelques difficultés. Soit, en effet, ABD (*fig. β, pl. 10*) la courbe donnée ; d'abord on ne voit pas le moyen général de satisfaire au problème, quelle que soit la position qu'on choisisse pour le point C ; car le mouvement circulaire de la règle PQ étant continu, pendant que la règle OT se trouvera sur sa direction, la solution du problème devient impossible ; mais une observation très-simple va nous mettre en état de résoudre la question.

Supposons que la ligne OT (*fig. δ, pl. 10*), au lieu de se trouver sur la direction PQ, fasse avec elle un angle constant COT ; si pendant que PQ passe à la position $P'Q'$, le point O s'approche du centre et vient se placer en O', le point T passera en T' et aura éprouvé un mouvement rétrograde, relativement à celui de PQ. Cette considération suffit pour nous convaincre de la possibilité de résoudre généralement le problème, et nous indique la marche à suivre.

Soit, en effet, $TT'ADB$ la courbe donnée, qui doit être tracée par le point T ; son équation étant connue par rapport aux axes coordonnés MN et RS, elle le sera aussi par rapport aux angles MCT, et les rayons vecteurs CT.

Le triangle TOC donne . . . . . $\sin. TCO = \frac{OT \sin. TOC}{TC}$.

$TCO = \text{ang.} \left(\sin. \frac{OT \sin. TOC}{TC} \right)$; l'angle OTC sera aussi connu. On connaîtra donc l'angle OCM et OC, c'est-à-dire qu'on aura une équation qui donnera leur rapport, et qui sera celle de la courbe que doit parcourir le point O, courbe qui doit être de la première espèce. Pour satisfaire à cette condition, on supposera OT et l'angle TOC variables, et on les déterminera de manière à la remplir.

Nous n'entrerons pas dans le détail de toutes ces opérations, trop compliquées pour l'objet d'utilité publique que nous nous sommes proposé. Après avoir démontré la manière de tracer les courbes formées par un mouvement circulaire et un autre rectiligne alternatif, nous partageons

ces deux mouvemens, en supposant que la surface sur laquelle on veut tracer la courbe ait un mouvement circulaire, pendant que la ligne *TO* en a un rectiligne alternatif, tel que toute la ligne, ou seulement son point *O*, se trouve toujours dans la direction d'un des rayons du cercle tracé par un point de la surface de révolution.

Envisagé sous ce point de vue, ce problème donne naissance à un art des plus agréables et des plus utiles, celui du tourneur en guillochis. Ici, la courbe sur laquelle doit s'appuyer le point *O* de la ligne *OT*, pour que son extrémité trace la courbe demandée sur la surface de révolution, se nomme *rosette*; la règle *OT* qui porte l'outil en *T*, se nomme *touche*. (Ceux qui desireraient s'instruire dans cet art, peuvent consulter l'ouvrage de *Plumier*, le *Manuel du tourneur*, de *Bergeron*, publié par *Salivet*, et l'*Encyclopédie*.)

Dans les Mémoires de l'Académie des sciences, année 1734, M. *de la Condamine* a donné deux Mémoires à ce sujet; le premier, page 216, a pour titre : *Recherches sur le tour; Description et usage d'une machine qui imite le mouvement du tour (a).*

Nous avons substitué à sa machine le moyen très-simple (C 10.), *planche 8*, composé d'une roue auxiliaire *A*, qui imprime son mouvement à deux autres *B*, *C*, qui, dans le tour, se trouvent sur le même axe. La *rosette D* est attachée à la première roue *B*; la touche *mu* fixée à la règle mobile *PQ*, s'appuie sur son bord par le moyen d'un ressort *ab* qui agit sur l'extrémité *p* de la règle. Dans la branche mobile *pq*, et au point *q* se trouve un crayon qui peut se placer à volonté sur un point quelconque de la surface d'un cercle de papier placé sur la surface *C*.

L'usage de cette machine est, comme dit M. *de la Condamine*, celui de trouver, par son moyen, quelles sont les différentes figures qu'on peut faire tracer à l'outil avec la même rosette, chose très-facile à exécuter. Nous renvoyons à son Mémoire pour le détail des formes qu'il a obtenues

(a) On trouve dans le second Mémoire de M. *de la Condamine*, la solution de quelques problèmes analogues au problème général dont nous avons indiqué la solution, mais qu'il a traités sous un point de vue différent.

en changeant de rosette, ou en variant la position de l'outil ou crayon.

Dans la pratique, les rosettes les plus commodes sont celles qui ont des angles les plus obtus; on évite par-là le saut de la touche.

Le second usage, dit le même auteur, est de trouver quelles rosettes sont plus commodes pour exécuter un dessin quelconque.

« Après avoir placé et assuré le crayon dans l'endroit le plus conve-
» nable, il n'y a qu'à le conduire à la main sur le dessin dont on cherche
» la rosette, et l'autre bout de la règle, dont l'usage ordinaire est d'ap-
» puyer sur le bord de la rosette, tracera en ce cas la rosette qu'on cherche.
» Pour cet effet, au lieu du modèle de rosette, on fera porter un second
» carton à cette extrémité de l'arbre sur la roue *B*, et le bout *m* de la
» tringle *mn*, fait pour appuyer sur la rosette dans le premier usage,
» portera dans ce cas un crayon qui tracera le contour de la rosette
» cherchée. »

(D 10.) *(Planche 8.)*

Le second Mémoire de M. *de la Condamine*, pag. 303, a pour titre, *Recherches sur le tour, second Mémoire. Examen de la nature des courbes qui peuvent se tracer par les mouvemens du tour.* Il donne la solution des deux problèmes suivans :

PROBLÈME 1.er Le contour d'une rosette quelconque, et la position respective du centre de la touche et de l'outil sur le même plan étant donnés, trouver sur ce plan tous les points du dessin qui en résultent.

PROBLÈME 2. Un dessin ou un contour quelconque étant donné, avec la position du centre de la touche ou de l'outil, trouver sur le même plan tous les points du contour de la rosette qui doit produire un dessin pareil.

La solution de ces deux problèmes est si aisée, que nous ne croyons pas nécessaire de donner aucune explication pour les résoudre. Au reste, on peut consulter le Mémoire cité.

La Condamine donne ensuite la description de l'instrument (D 10.), qui, dit-il, fournit un moyen court et facile de trouver sur-le-champ, et de tracer d'un mouvement continu les rosettes propres à exécuter

tous les contours possibles d'un dessin donné, et réciproquement tous les dessins possibles que peut produire une rosette donnée, et cela sans être obligé de limer des modèles en cuivre, comme dans la machine décrite dans le premier Mémoire. *ABCD* est une règle de trois pouces de long, percée d'une rainure dans sa longueur; la partie *AB* est percée de plusieurs trous en écrou, afin d'approcher ou d'éloigner plus ou moins la pointe *B*, dont la tête est faite en vis; cette règle est embrassée par les tenons *E*, *G* d'une seconde règle aussi percée d'une rainure; la première peut glisser sur la seconde, qui porte un petit barillet *L*, dont le ressort tire toujours à lui la règle de dessous, qui lui est attachée avec un filet *D*; cette même règle porte une seconde pointe *N*, qui, par conséquent, tend toujours à s'approcher du centre *P*; ce centre est déterminé par une troisième pointe *P* qui traverse les deux règles, et qui est fixée sur la règle de dessus *EG*, au point où l'on veut, avec l'écrou *z*. Voici comme on se sert de cette machine.

Soit le contour de profil d'une tête *T*, pour lequel on cherche la rosette la plus convenable; après avoir découpé ce profil en carte, on le colle sur une autre carte *RS*, ensuite on prend à volonté un point *T* pour centre au dedans du contour de la tête; on perce les deux cartes en ce point, et on les attache sur un plan, en y enfonçant la pointe *P*; après quoi on pose la pointe *N* sur le contour de relief de la tête découpée; on tourne ensuite à la main toute la machine, en faisant toujours porter la pointe *N* sur le bord de la découpure; ou mieux encore, on ne fait que tourner d'une main la carte sur son centre, en tenant de l'autre la machine fixe, et en ayant attention que la pointe *N* ne quitte pas le bord de la carte découpée.

Dans l'un et l'autre cas, la pointe *B* portant sur la grande carte *RS*, y trace le trait *UX*, qui est le contour de la rosette cherchée; la pointe *N* rappelée sans cesse vers le centre *P* par l'effort du ressort *L*, et repoussée par le relief du profil découpé, en suit aisément le contour, tant que ce contour ne s'éloigne pas du centre en ligne droite; c'est ce qu'il faut éviter autant que possible, en choisissant au dedans de

ce contour un centre pour placer le point fixe *P.* Si on ne peut empêcher que la pointe *N* n'accroche en quelque endroit, comme au-dessous du nez, par exemple, et que le contour découpé ait la pente trop roide pour repousser la pointe *N* en glissant, il faudra aider un peu avec la main; mais on pourra sauver encore ce petit inconvénient en tournant le carton d'un sens opposé *(a)*: dans cette manière, la pointe qui ne pouvait, par exemple, remonter, sans le secours de la main, de la narine vers la pointe du nez, glissera sans difficulté, et sera rappelée, par la force du ressort, de la pointe du nez vers la narine. En changeant de centre *P*, ou en éloignant plus ou moins les deux pointes *B* et *N*, on fera différens contours et on choisira le plus coulant et le plus praticable sur le tour, pour servir de modèle à la rosette. Avant que de la tailler, il est à propos de la vérifier, en découpant une carte sur le trait *VX* de la rosette trouvée, et faisant porter une pointe sur le contour, pour voir si l'autre pointe *N* redonnera exactement le contour de la tête *T* qu'on se propose d'exécuter.

Dans cet instrument, on a supposé la touche, le centre et l'outil en ligne droite, parce que cette situation est plus simple et plus commode pour la pratique. Si l'on était curieux de voir l'effet des positions obliques, il serait aisé, en ajoutant à l'extrémité *A* de la règle *AD*, un petit bras mobile sur un clou qui lui servirait de centre, de transporter hors de l'alignement du centre de la touche la pointe *B* qui trace la rosette, et de lui faire faire un angle quelconque avec cet alignement.

Dans le *Théâtre des instrumens de mathématiques et mécaniques* de *Jacques de Besson*, Dauphinois, imprimé à Lyon en 1579, *in-f.°*, pag. 172, on trouve la description de plusieurs compas pour tracer des figures rectilignes, curvilignes, ovales et spirales. Tous ces compas sont construits

---

(a) Il faut se donner bien de garde de suivre le conseil de l'auteur; car de pareils inconvéniens ne doivent pas être sauvés ni avec le secours de la main, ni en tournant en sens opposé, mais seulement en plaçant la pointe *B* hors de la direction *A D* d'une manière convenable, tellement que tous ces obstacles disparaissent; ce qu'on obtiendra presque toujours avec un peu de pratique et de patience.

au moyen d'une rosette fixe à une des pointes du compas, qui reste immobile pendant que l'autre tourne autour avec sa touche : tous ces moyens peuvent être regardés comme autant d'applications du tour. On en remarque une assez simple où, à la place d'une rosette elliptique, on a mis un cercle dont l'inclinaison change à volonté, et fournit aussi le moyen de tracer avec la même rosette toutes les ellipses qu'on voudrait avoir.

M. *de Thilières* (tom. 7, n.° 455 des *Machines approuvées par l'Académie royale des sciences*) décrit un compas propre à tracer des spirales. A la fin de ce Mémoire il est dit : « La seconde addition de M. *Thilières* » est détaillée dans un Mémoire qu'il a remis à l'Académie en août 1745, » pour en insérer un mot dans l'Histoire de 1742. »

(E 10.)

Soient A, N, B, C un système de roues dentées dont les diamètres soient dans le rapport des nombres 2, 1, 2, 4 ; soit $a'b'$ une règle dont l'extrémité a' est successivement fixée aux points 0, 1 et 2 de la roue A, et assujettie en même temps à toucher un des points a, c de la roue N, 0 et 1 de la roue B; ces points étant placés de manière à ce qu'ils puissent se trouver dans la même direction dans une des positions du système, chaque point de la règle $a'b'$ tracera une courbe dans l'espace, et une autre sur les surfaces de révolution qui sont au-dessous.

Ces courbes affectent des formes qui méritent d'être connues, et sont d'un grand usage dans les arts. Il est aisé de voir qu'elles peuvent varier à l'infini, par les diverses combinaisons qu'on peut adopter de la situation primitive de la direction des points 0, 1 et 2 de la roue A, a, c de la roue N, 0 et 1 de la roue B, et d'autres points pris hors de la règle $a'b'$ qui lui soient attachés. Le rapport des diamètres des roues et leur nombre donneront encore naissance à de nouvelles variétés, dans la forme des différentes courbes tracées par cet instrument. Au reste, ce n'est-là qu'un mécanisme particulier dont on peut faire usage dans quelques circons-

tances ; mais toutes les courbes qu'on obtiendra pourront aussi être tracées par les mouvemens précédens (A 10.) , (B 10.) , (C 10.) , (D 10.).

(F 10.)

PROBLÈME. Tracer une spirale cylindrique dans l'espace, ou, ce qui revient au même, tracer l'hélice d'une vis.

AB est un axe fixe ; à cet axe sont attachés et fixés le cylindre *C*, sur la surface duquel on veut tracer l'hélice, et la roue dentée *D*. *MLKN* est un châssis tournant autour de l'axe *AB*; dans ses branches *LM*, *KN* est l'axe *FG* qui peut tourner autour de lui-même, et qui est garni d'une roue dentée *E*, qui engrène avec *D*, et d'un cylindre *HI* taillé en vis avec son écrou *P*. L'écrou porte d'un côté la tige *OP* dont l'extrémité *O* entre dans une rainure verticale, qui va d'un bout à l'autre du côté *LK* du châssis, et de l'autre porte un crayon ou outil.

Usage de cette Machine.

Soit α le rayon de la roue *E*, β celui de *D*, et δ le pas de la vis qui garnit la surface du cylindre *HI*. Si on fait faire une révolution au châssis *MLKN* autour de l'axe *AB*, la roue *E*, et par conséquent le cylindre *HI* auront fait une portion $\frac{\beta}{\alpha}$ de révolution autour de leur axe, et l'outil aura parcouru un espace égal à $\frac{\delta\beta}{\alpha}$, qui sera le pas de l'hélice tracée sur le cylindre *C*. On donnera à cette quantité la valeur qu'on voudra, en changeant convenablement le rapport de α à β, ou celui de δ par la substitution d'un autre guide *HI*.

(G 10.) *(Plan et élévation.)*

En général, quand on se propose de faire parcourir à un point une spirale, c'est dans le but de faire une courbe sur la surface d'un cylindre. Dans ce cas, la machine deviendra plus simple, comme nous l'avons indiqué dans (B 10.), en partageant le mouvement en deux autres, un circulaire et un autre rectiligne. On peut donner au cylindre sur

lequel on veut tracer l'hélice, un mouvement rectiligne de translation dans la direction de son axe, pendant que l'outil tourne autour, ou l'on peut le faire tourner sur son axe, pendant que l'outil parcourt une ligne parallèle à l'axe du cylindre. Le dernier moyen est le plus commode, et, par cette raison, il a été préféré dans les machines qui servent à ouvrir les pas de vis de fortes dimensions, telle que celle qui est établie à Chaillot par M. *Perrier,* et une autre exécutée par le mécanicien *Saleneuve*, pour son usage.

Voici les élémens de cette machine extrêmement importante dans les arts. *FG* est le cylindre qui dirige le mouvement rectiligne, et le communique à l'outil au moyen de son écrou *P;* il tourne sur son axe, et sa position est déterminée par les colliers *H* et *I*. *E* est une roue dentée fixe au cylindre directeur, *C* le cylindre qu'on veut tailler en vis; on le monte sur un tour, et on le garnit d'une roue dentée *D;* les deux cylindres *C* et *FG* doivent être placés de sorte qu'ils conservent le plus parfait parallélisme dans leurs axes. *A* est une troisième roue auxiliaire qui sert d'intermède pour engrener les deux roues *D*, *E;* elle peut s'élever et se balancer dans le but de se prêter à tous les changemens que les circonstances peuvent exiger dans la roue *D*, afin de changer les rapports des rayons *D* et *E*. Si ce rapport est si grand que l'espace invariable dans la machine, entre la distance des axes des deux cylindres, ne permette pas de pouvoir l'obtenir par les deux roues *D* et *E*, et qu'il ne soit pas possible de changer de cylindre directeur, on sauvera la difficulté en substituant à la place de la roue *A* une autre roue garnie d'un pignon.

Soit α le rayon de *E;* β, celui de *D;* δ, le pas de vis de *FG*. Pendant que *D* fait une révolution, *E* fera une partie $\frac{\beta}{\alpha}$ de la sienne, et l'outil aura parcouru un espace $\frac{\delta\beta}{\alpha}$ qui sera le pas de l'hélice tracée sur *C*, que nous nommerons δ', et on aura $\frac{\beta}{\alpha} = \frac{\delta'}{\delta}$.

Si le rapport $\frac{\delta'}{\delta}$ est trop grand ou trop petit pour que dans la pratique

on

on puisse l'appliquer à une machine donnée, sans changer la valeur de δ, on substituera à *A* un système de deux roues fixes au même axe ; une qui engrène avec *D*, et dont le rayon soit γ, et une autre engrenant avec *E*, dont le rayon soit γ' ; on aura alors l'équation $\frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{\delta'}{\delta}$, qui donnera plus de moyens pour satisfaire à la question.

(H 10.)

On peut substituer à la vis de direction, une crémaillère dont le mouvement rectiligne soit engendré par celui du cylindre que l'on veut tailler en vis. Le résultat en serait le même; mais peut-être la machine ne réunirait pas les mêmes avantages que celle que nous venons de décrire. Aussi n'avons-nous donné cet exemple que pour procurer l'habitude d'essayer toutes les combinaisons possibles, avant de s'arrêter à une combinaison déterminée.

On peut aussi communiquer à l'outil le mouvement rectiligne par le moyen d'un plan incliné, comme nous l'avons indiqué dans la fig. (H 1.); dans ce cas on obtient tous les pas de vis qu'on peut desirer, par le changement d'inclinaison du plan incliné. Ce mécanisme peut être employé avec succès pour la confection des vis d'une dimension ordinaire ; mais la machine deviendrait trop incommode, si on faisait l'application à des vis de fortes dimensions.

(I 10.)

C'est une modification du mécanisme (E 10.). M. *R. Prony*, parlant de cette machine dans sa *Nouvelle architecture hydraulique*, tom. II, pag. 141, dit :

« Nous en avons tiré la description d'un ouvrage anglais de *Georges* » *Adams*, intitulé, *Geometrical and graphical essays*, *&c.*, *London 1791 ;* » mais son inventeur est *Jean-Baptiste Suardi*, qui l'a décrit dans un ou- » vrage italien, qui a pour titre : *Nuovo istromento per la descrizione di di-* » *verse cave antiche e moderne*, *&c.*, et qui le nomme *plume géométrique.*

» La figure (I 10.) représente *la plume géométrique ;* elle est fixée sur
» une table par le moyen des supports *A*, *B* et *C*; les têtes *a*, *a* de deux
» de ces supports tournent autour d'un axe commun, afin de pouvoir être
» amenées dans un même plan avec le troisième, et se placer plus com-
» modément dans une boîte, lorsqu'on ne se sert pas de l'instrument.

» Au bas de l'axe *D*, qui est immobile, et fait corps avec le support
» *C*, on fixe une roue dentée *i*, qui peut être changée, mais qui, lors-
» qu'elle est en place, fait corps avec l'axe *D*, et est immobile comme
» lui.

» *EG* est une règle de métal, ouverte dans la plus grande partie de
» sa longueur, dont l'extrémité *E* est engagée entre la pièce *k* et la
» roue *i*, de manière cependant à pouvoir tourner librement autour de
» l'axe *D*. Une boîte à coulisse *b* est disposée pour pouvoir glisser le
» long de la règle *EG*, et se fixer en un endroit quelconque. Cette boîte
» porte une seconde roue dentée *h*, qu'on change à volonté, et qui peut,
» selon la place de la boîte *b'*, ou engrener immédiatement dans la roue
» *i*, ou en recevoir le mouvement par l'intermède d'une autre roue
» dentée, comme on le voit dans la figure.

» L'axe de la roue *h* dentée est fixé dans un canon *l* qui tient à une
» boîte inférieure *c*; une règle *fg* coule dans cette boîte, et porte à son
» extrémité un crayon *K*, qui trace sur le papier la courbe qu'on veut
» décrire. Ce crayon s'approche ou s'éloigne à volonté de l'axe de la
» roue *h*, au moyen de la facilité qu'on a de faire correspondre la boîte
» *c* à une partie quelconque de la règle *fg*.

» Tout cela bien conçu, il est clair que si l'on fait tourner la règle
» *EG* autour de l'axe *D*, la roue dentée *h* aura un mouvement total
» de translation autour de l'axe *D*, et un mouvement particulier de rota-
» tion autour de son axe propre ; le rapport des vîtesses angulaires que
» comporteront ces deux mouvemens, dépendra des roues dentées in-
» termédiaires, et de la relation entre le nombre respectif de leurs dents.
» La boîte *c* et le crayon *K* auront pareillement, outre le mouvement
» total de translation autour de l'axe *D*, un mouvement particulier de

» rotation commun avec la roue *h*, et la courbe que décrira le point *K* » dépendra et du rapport entre les vîtesses angulaires ci-dessus men- » tionnées, et du rapport entre les rayons *Db* et *bk*.

» Ces rapports peuvent être variés à volonté, soit en employant » différentes combinaisons de denture, soit en faisant correspondre les » boîtes *c* et *b* à différens points de leurs règles respectives; il est donc » évident qu'on peut tracer par ce moyen une infinité de lignes diffé- » rentes de la circulaire, et qui résulteront néanmoins d'une combinai- » son de mouvemens circulaires. Les lecteurs un peu géomètres pourront » s'exercer à étudier les combinaisons qui peuvent produire des courbes » données.

» *Adams* dit positivement que ce principe a été appliqué par MM. *Watt* » et *Bolton*, au mécanisme des machines à feu : *It has lately been happily* » *introduced into the steam engine, by MM.* Watt *and* Bolton. M. *Watt* a » depuis confirmé verbalement la vérité de cette invention à quelqu'un » de notre connaissance. »

(K 10.)

A est une planche carrée; *B*, un cylindre fixé à la planche *A*; sa circonférence est taillée en gorge comme celle d'une poulie; *abc*, *def* sont deux cordes qui enveloppent en sens opposé le cylindre *B*, et se terminent d'une part en *a* et en *d*, où elles sont attachées aux chevilles qui garnissent une règle fixe; et d'autre part en *c* et en *f*, où elles sont également attachées aux chevilles d'une autre règle parallèle à la première, qui peut se mouvoir librement dans la direction de sa longueur. Cela posé, si on communique à cette dernière règle un mouvement rectiligne alternatif dans la direction de sa longueur, le carré *A* prendra aussi un mouvement semblable, mais tournera en même temps sur le centre du cylindre *B*; chaque point de sa surface, autre que celui qui répond à ce centre, tracera un épicicloïde.

Nous avons vu employer ce mécanisme pour dégrossir et polir les glaces.

(L 10.) *(Plan et profil.)*

AB est une règle fixe, garnie d'un rang de chevilles *a, a. . . .*; *EDE* est un axe coudé; *CD,* une règle dont l'extrémité *C* se trouve engagée entre deux des chevilles *a* de la règle *AB,* pendant que son extrémité *D,* terminée par un anneau, entre dans le coude de l'axe *EDE,* de façon que, quand cet axe tourne, la règle *CD* a un mouvement composé à-la-fois du rectiligne et du circulaire alternatif; par ce mouvement composé, chaque point de la règle *CD* trace une courbe, laquelle, comme on sait, a la forme d'un cœur plus ou moins alongé, dont la pointe se trouve toujours tournée vers la règle fixe *AB. N,* plaque carrée garnie d'une roue à rochet *M;* cette pièce peut être fixée dans un point quelconque de la règle *CD,* et doit tourner librement autour d'un axe qui passe par le centre de la roue à rochet *M. EFGH* est une pièce connue par sa forme sous la dénomination de *dent de loup;* cette dent de loup se termine en *E* par un anneau qui entre dans l'axe coudé *E,* traverse un autre anneau *F* qui se trouve fixé dans un point de la règle *CD* (et cet anneau étant mobile autour de son axe, permet à la dent de loup d'osciller autour de l'axe *E,* de manière qu'à chaque tour de cet axe, la dent de loup fait une double oscillation), et se termine en *GH* par une courbe, construite de manière que, quand l'extrémité *D* de la règle *CD* se trouvera dans le point de sa course le plus éloigné des chevilles *a, a,* entre lesquelles glisse son autre extrémité *C,* l'extrémité *H* de la dent aura donné à la roue *M* un petit mouvement circulaire autour de son centre; après avoir engrené avec une des dents de sa circonférence, le même effet doit se reproduire successivement à chaque révolution de l'axe *E,* par l'action de la dent de loup sur les autres dents de la roue à rochet.

Tel est le mécanisme qui a été employé par M. *Burrow's,* dans une machine pour polir les glaces, dont on verra la description dans le tom. II, pag. 142 de l'ouvrage de M. *Alexandre-Mabyn Bailez;* le modèle de cette

machine se trouve dans le musée des machines, au conservatoire des arts et métiers, rue Saint-Martin, à Paris.

§. XI.

Le mouvement circulaire continu avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en mouvement alternatif d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On ne connaît pas de moyen direct de résoudre ce problème; mais si l'on transforme le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif, au moyen de l'un quelconque des mouvemens compris dans le §. IX, ce dernier se changera en un autre alternatif, d'après une courbe donnée; au moyen de tous ceux indiqués dans le §. X, et par (A 20.).

§. XII.

Le mouvement continu d'après une courbe donnée, avec une vîtesse uniforme ou variable, d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Par le §. X, on transformera le mouvement donné en circulaire continu; et par le §. VII, on changera ce dernier en rectiligne alternatif.

§. XIII.

Le mouvement continu d'après une courbe donnée, avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire alternatif, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera, par le §. X, le mouvement donné en circulaire continu, et celui-ci en circulaire alternatif, par le moyen du §. IX.

§. XIV.

Le mouvement continu d'après une courbe donnée, avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en mouvement d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans un même plan ou dans des plans différens.

(A 14.)

Si on transforme le mouvement donné en circulaire continu, au moyen du §. X, celui-ci se changera en un autre, d'après une courbe donnée, par le moyen du même paragraphe.

(B 14.) *(Planche 8.)*

Pantographe ou *singe*, perfectionné par M. *Langlois*, ingénieur pour les instrumens de mathématiques. On en trouvera l'explication dans les *Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. VII, n.º 460. Par son moyen on trace toute espèce de figures semblables, changeant de grandeur à volonté, avec des vîtesses dont le rapport est donné.

Dans les *Annales des arts et manufactures*, tom. V, pag. 59, on trouve la description d'une machine à copier les dessins et les écritures, qu'on nomme *autographe*, et qui est une modification du pantographe.

§. XV.

Le mouvement continu, d'après une courbe donnée, avec une vîtesse uniforme ou variable, d'après une loi donnée, peut se changer en mouvement alternatif d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

Par les moyens indiqués §. XIII, on changera le mouvement donné en circulaire alternatif, et celui-ci en alternatif d'après une courbe donnée, par ceux du §. X.

§. XVI.

Le mouvement rectiligne alternatif, avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en rectiligne alternatif, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement rectiligne alternatif en circulaire, par les moyens indiqués §. VII, et celui-ci en rectiligne alternatif, par le même paragraphe.

Tous les mouvemens du §. I.er peuvent aussi résoudre le problème.

M. *Du Buisson* a décrit une machine, qu'il a inventée pour placer les flaons sous les carrés du balancier (*Machines approuvées par l'Académie*, tom. V, n.° 350). Il se sert du plan incliné pour produire le mouvement rectiligne alternatif. On cite cette invention pour servir à l'Histoire des machines.

§. XVII.

Le mouvement rectiligne alternatif, avec une vîtesse uniforme ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en circulaire alternatif, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 17.)

Une partie des mouvemens, §. III et §. VII, appartiennent aussi à ce paragraphe.

(B 17.) *Planche 9.*

AB est un levier qui tourne autour de son axe *C*, centre de la demi-circonférence *DEF* fixe au même levier. Dans les points *D* et *F* entrent les extrémités d'une chaîne *DGHKF*, qu'on assujettit à deux boulons, de manière à pouvoir l'alonger ou la raccourcir à volonté. La chaîne passe par les deux poulies de renvoi *G* et *K*, et le mouvement

circulaire alternatif du levier AB en produit un rectiligne alternatif au point H de la chaîne, et réciproquement.

On a appliqué ce mouvement à une machine à receper les pilotis sous l'eau; et c'est en effet un des plus simples et des plus convenables pour cet objet.

(C 17.)

Le mouvement de *zigzag* est très-connu; on l'emploie dans différens joujoux pour l'amusement des enfans. Le P. *Du Vivier* l'a appliqué à une machine qu'il prétendait faire servir pour remonter les bateaux (*Machines approuvées par l'Académie des sciences*, tom. VI, n.° 429). Il y a aussi plusieurs applications de ce même mouvement à des machines, toutes très-imparfaites, dans le *Théâtre des instrumens mathématiques* de *Jacques de Besson*, imprimé à Lyon en 1579. Cet auteur communique le mouvement alternatif circulaire par une vis fixe, composée de deux parties taillées en vis, et dont les hélices tournent en sens opposé. La vis en tournant oblige deux écrous, qui se trouvent aux extrémités des deux dernières branches du zigzag, à s'éloigner et à se rapprocher alternativement. Ce mécanisme peut aussi s'appliquer à d'autres objets.

La pince ou tenaille qu'on emploie généralement pour tirer des corps très-pesans du fond de la mer, est une application de ce même mouvement.

(D 17.)

Dans les n.os 19 et 20 des *Annales des arts et manufactures*, on trouve la description d'une nouvelle pompe aspirante, présentée au Ministre de la marine par M. *Berger*.

Cette pompe, à double piston, offre des avantages qui méritent l'attention; l'idée (disent MM. *Bory*, *Monge* et *Lévêque*, dans leur Rapport à l'Institut, copié en entier dans les n.os cités, et dont nous recommandons la lecture) n'appartient pas à M. *Berger*, il en convient lui-même; elle est due à un Anglais nommé *Noble*, dont les pompes ont été admises avec empressement dans la marine anglaise, et substituées aux

pompes

pompes à chaînes. Les premières pompes de cette espèce furent placées, en 1790, à bord du vaisseau le *Windsor-Castle*, de 74 canons, et on a continué depuis à s'en servir avec beaucoup d'avantage. M. *Berger* propose deux moyens pour faire mouvoir ses pompes : les rapporteurs n'hésitent pas à en rejeter un ; mais ils regardent l'autre comme préférable aux manivelles coudées employées par les Anglais. Voici la description qu'ils donnent de ce moyen, dans le Rapport cité :

« La pièce principale est une losange formée de quatre tringles *ab*, *bc*, *cd*, » *da* de fer, réunies à charnière par leurs extrémités, de manière qu'on » puisse ouvrir et fermer les angles, et former toutes les losanges isopéri» mètres. Qu'on se représente le plan de cette losange placé verticalement » avec une de ses diagonales dans une position horizontale, et soutenu par » deux piliers *ae*, *cf* d'égale hauteur, de manière que le même boulon qui » réunit les côtés contigus, réunit en même temps ces côtés au pilier cor» respondant. Dans cette position, il est clair que l'autre diagonale de la » losange sera verticale ; elle doit répondre au milieu du corps de pompe, » et être dans le prolongement de son axe. A l'extrémité supérieure *b* » de cette diagonale, sont attachées les deux verges du piston inférieur, » et à son autre extrémité est fixée celle du piston supérieur ; et le même » boulon qui réunit les règles contiguës à cette diagonale, les réunit » aussi aux verges des pistons.

» Devant faire varier les angles de la losange, et par-là la longueur de » ses diagonales, on sent que les deux piliers *ae*, *cf* qui la supportent, ne » peuvent être fixes. En conséquence, ils sont établis sur le pont entre » deux flasques *e*, *f*, auxquelles ils sont réunis par un boulon, et ont » ainsi un mouvement de rotation dans le plan même de la losange.

» L'auteur nomme cet appareil *losange à diagonales changeantes.* Sa » disposition entendue, on sent qu'en rapprochant les angles horizontaux » de la losange, l'angle supérieur se lève, tandis que l'inférieur s'abaisse » de la même quantité ; c'est le contraire en les écartant : tel est le jeu » des pistons. On voit que, dans cet appareil, le *maximum* de la course de » chaque piston est égal au côté de la losange ; mais ce *maximum* n'est pas

» nécessaire, et il ne serait même pas possible de l'obtenir; car il im-
» porte que les piliers ne s'écartent pas trop de la verticale. M. *Berger* se
» propose d'employer une losange d'environ six décimètres de côté, et
» se contente de donner à chaque piston une course d'environ 18 pouces
» de nos anciennes mesures.

» Dans le jeu des pistons que nous venons de décrire, on sent que les
» différens points des côtés de la losange s'élèvent et s'abaissent propor-
» tionnellement, de manière que la course de chaque piston, et la course
» verticale d'un point quelconque d'un côté, sont toujours en raison des
» distances du point de suspension du piston et du point dont il s'agit,
» au centre du mouvement de la losange qui est à l'extrémité du pilier
» voisin. Ainsi la ligne horizontale qui joindrait le milieu des côtés in-
» férieurs, monte ou descend d'une quantité égale à la moitié de la
» course de chaque piston. C'est à cette ligne, rendue matérielle, que
» M. *Berger* transmet immédiatement l'action du moteur; et voici la
» disposition qu'il emploie : chaque côté inférieur de la losange est traversé
» par son milieu par un essieu de fer auquel sont fixés deux moyeux de
» bois d'environ un décimètre de hauteur; la partie excédante de chacun
» des essieux est bien cylindrique, et reçoit des roulettes de cuivre qui
» ont un épaulement du côté extérieur; ces roulettes supportent une
» espèce de brancard qui embrasse la losange, en entrant dans des
» ouvertures longitudinales faites dans les côtés de ce brancard, et le
» tout est contenu par des écroux comme dans les voitures. La longueur
» des ouvertures des côtés du brancard, est déterminée par la course
» qu'on veut donner aux pistons. Au milieu de chacun de ces côtés est
» un axe fixe; ils doivent être bien cintrés, devant faire l'office d'un
» seul axe qui traverserait le brancard; ces axes entrent dans les côtés
» du châssis d'une bringueballe qui embrasse tout le système; elle est
» à-peu-près semblable à celle des pompes à incendie. L'axe du mou-
» vement de la bringueballe est supporté par deux poteaux verticaux
» *CD*, et le bras qui regarde la losange, se trouve divisé au tiers de sa
» longueur par les axes du brancard.

» Il est visible qu'avec cet appareil, les hommes agissant sur les barres » feront hausser ou baisser le brancard, parce que les roulettes à épau- » lement, parcourant les ouvertures de ses côtés, permettront à la losange » de s'ouvrir et de se fermer alternativement, ce qui produit le jeu des » pistons. On voit également que la course du brancard ne sera que » la moitié de celle des pistons, et que les hommes qui agissent sur » les barres, n'auront à parcourir que le même espace que les pistons, » lesquels auront une course simultanée parfaitement égale, et en sens » contraire. Enfin les verges des pistons se maintiendront dans la même » verticale, parce qu'en vertu de ce mécanisme, les points de la losange » où elles sont attachées, tendent à décrire en même temps deux courbes » planes verticales égales et semblables, lesquelles sont adossées, ayant » leur concavité tournée dans des sens opposés. Ainsi ces points ne peuvent » suivre que leurs tangentes communes, qui est verticale.

» Lorsque nous disons que la courbe des pistons sera le double de » celle du brancard, cela ne doit pas se prendre à la rigueur; car, dans la » disposition que nous avons décrite, elle sera un peu plus grande par » l'effet de la rotation des piliers qui supportent la losange, parce qu'en » vertu de ce mouvement, la diagonale horizontale s'élève et s'abaisse » dans un plan horizontal; mais cet effet est plus avantageux que » nuisible. »

Les mêmes rapporteurs font observer l'avantage qu'il y aurait à placer les hommes dans cette espèce de bringueballe en dedans des barres et non pas en dehors, c'est-à-dire, de manière qu'ils se tournent le dos au lieu de se regarder en fasse, en ce que cette situation des hommes permet d'appliquer plus long-temps leur action, sans éprouver promptement le décroissement progressif qui résulte de la fatigue (a).

(a) Dans la fig. (D 17.) nous avons supprimé le brancard, et nous n'avons indiqué qu'une portion *gi* de la bringueballe; sur cette portion d'un des côtés de la bringueballe, on a tracé la courbe *n m k*, dans laquelle doit entrer l'axe *n* qui est fixe à l'un des côtés inférieurs de la losange; cet axe est garni d'une roulette pour diminuer le frottement. Ce mécanisme nous a paru plus simple que celui proposé par M. *Berger*.

(E 17.)

Au moyen de deux portions de chaînes attachées en sens opposés à chacune des tiges *MN* et *PQ* qui passent par les tenons *p, q, r, s,* le mouvement circulaire alternatif du balancier *B,* terminé par deux portions de cercle où viennent se fixer les chaînes, imprime un mouvement rectiligne alternatif à ces tiges, et réciproquement.

Berthelot, dans sa *Mécanique appliquée aux arts,* tom. Ier, pag. 13, décrit un moulin à balancier. Le mouvement d'une pédale est transformé en rectiligne alternatif, par le moyen de deux chaînes qui agissent sur deux tringles, dont l'une descend pendant que l'autre monte; chaque tringle est garnie d'un cliquet qui agit d'un même côté sur les dents d'une roue à rochet, et communique à cette roue un mouvement circulaire continu. Dans l'axe de la roue à rochet se trouve la grande roue à alluchons, qui agit sur la lanterne de l'arbre de la meule.

Il emploie le même mécanisme, tom. Ier, pag 36, à une machine pour polir différentes matières : l'arbre de la roue à rochet est garni de cammes qui soulèvent les pilons; et dans le même volume, page 38, on l'applique encore aux martinets pour les grosses forges.

On trouvera encore quelques exemples de l'application de ce mouvement dans le tom. XII, pag. 83, des *Annales des arts et des manufactures;* dans un Mémoire qui a pour titre, *Description de plusieurs nouvelles pompes à feu &c.* On dit, dans ce Mémoire, qu'on peut se procurer à Londres des machines à vapeur, depuis la force d'un cheval, et ne consommant qu'un boisseau de charbon par jour, jusqu'à la pompe à feu, qui égale la force de cent vingt chevaux, et qui brûle onze milliers de houille en vingt-quatre heures. Ces mêmes machines ont reçu de M. *Woulf,* des améliorations qui doivent porter plus loin l'économie du combustible, comme on peut le voir dans le tom. XX, pag. 294, des *Annales des arts et des manufactures;* et dans le vol. XXVIII, n.ºs 221 et 222 de la *Bibliothèque Britannique.*

(F 17.)

Machine très-connue dans les arts; on la nomme *drille, trépan* ou *machine à forer. A* est la tige; *BB*, la corde; *CC*, la traverse; *D*, le volant; *E*, la mouffle ou *douille*, qui ensemble s'appellent *fût du trépan; F*, le *trépan; G*, le bout perçant.

Le mouvement alternatif rectiligne de la traverse, produit le circulaire alternatif du trépan : cette manière de forer a l'inconvénient de gâter, dans très-peu de temps, le bout perçant; ce qui n'a pas lieu quand on emploie le foret tournant toujours dans le même sens.

(G 17.)

A B est une tige qui glisse entre les coulisses *n, m.* Le levier *DF,* tournant sur son axe *E,* communique, au moyen de la règle *CD,* son mouvement circulaire alternatif à la tige *A B,* qui va et vient en ligne droite; la réciproque a lieu aussi. Ce mouvement s'applique aux pompes.

(H 17.)

Parallélogramme employé dans les pompes à feu à double injection, pour transformer le mouvement alternatif rectiligne de la tige inflexible du piston, en circulaire alternatif du balancier (la réciproque à également lieu). En voici la description donnée par M. *Prony*, dans la seconde partie de sa *Nouvelle Architecture hydraulique*, pag. 56.

« Le parallélogramme *abcd* tient au balancier par les points *a* et *c* » fixes par rapport à ce balancier; mais les côtés de ce parallélogramme » peuvent changer d'inclinaison les uns par rapport aux autres, au moyen » de ce que leurs extrémités sont assemblées à charnières, c'est-à-dire, » garnies de boîtes ou colliers qui embrassent des axes horizontaux » (comme on le voit page 116, où l'auteur donne des détails sur la » construction de ce parallélogramme). Les axes en *a* et en *c* sont dans » un même plan avec le centre ou axe *O* de rotation du balancier.

» De plus, l'angle *d* du parallélogramme est toujours retenu à une dis» tance constante d'un point fixe *f'*, au moyen de la verge de métal

» *f'd*, dont l'extrémité est également garnie d'une boîte ou collier qui » embrasse l'axe passant en *d*.

» Cela bien conçu, si on imagine que l'angle *b* soit poussé ou tiré » dans une direction verticale, l'effort se décomposera suivant *ba* et *bd*; » les points *a* et *c* décriront des arcs de cercle, dont le point *O* sera le » centre, et le point *d* décrira un arc de cercle qui aura *f'd* pour rayon. » Mais les courbes décrites par les points *a*, *c*, *d* ne peuvent être ainsi » fixes et déterminées, sans que le point *b* ne décrive aussi une courbe » pareillement fixe et déterminée : or, on conçoit aisément, à l'inspec- » tion de la figure, que, lorsque le mouvement du balancier tend à » écarter le point *b* de la verticale, dans un sens, l'effet de la rotation de » *d* autour de *f'* est d'écarter *b* de la verticale dans le sens contraire, » et que ces deux effets peuvent se combiner de telle manière, que la » courbe décrite par le point *b* diffère si peu d'une ligne droite verticale, » que dans la pratique on puisse la considérer comme telle. »

On trouvera la théorie du parallélogramme, développée avec toute la clarté et les détails qu'on peut desirer, dans le même ouvrage, *page 137* et suivantes.

(I 17.)

Le même problème a été résolu par M. *de Betancourt*, sans employer le parallélogramme (H 17.). Voici de quelle manière M. *Prony* rend compte de ce moyen, *page 67* de l'ouvrage cité.

« Deux pièces de bois *ab*, *dO* tournent autour des points ou centres » *a* et *O*; leurs extrémités *b* et *d* sont assujetties l'une à l'autre, par la » pièce de fer *b c' d*, avec des articulations en *b* et en *d*. Les longueurs » *ab* et *dO* de centre en centre des tourillons sont égales; la somme » *ab* + *dO* de ces longueurs est égale à la distance du point *a* au point » *O* projetée sur l'horizon, ou mesurée horizontalement, en sorte que, » lorsque *ab* et *dO* sont de niveau, la ligne droite passant par *d* et *b* est » verticale; et comme la longueur de la pièce *bd* de centre en centre des tou- » rillons est égale à la différence de niveau des points *a* et *O*, *bd* devient » verticale en même temps que *ab* et *dO* deviennent horizontales,

» Au moyen de cette disposition, si les points *b* et *d* ne décrivent » pas des arcs d'un grand nombre de degrés au-dessus et au-dessous des » horizontaux, passant respectivement par les points *a* et *O*, le milieu *c'* » de *b d* parcourra sensiblement une ligne droite verticale. En effet, tant » que *b* et *d* s'éloignent peu de l'horizontale, les rayons *a b* et *d O*, étant » de même longueur, le point *b* s'élève ou s'abaisse, par rapport au » point *a*, sensiblement de la même quantité dont le point *d* s'élève ou » s'abaisse par rapport au point *O*; d'où il suit que les arcs décrits par » les points *b* et *d* peuvent, dans ce cas, être censés égaux. Cette hy- » pothèse admise, les points *b* et *d* doivent toujours être à la même » distance d'une verticale dont les points *O* et *a* seraient eux-mêmes » également éloignés; donc, si *c'* est placé au milieu de *b d*, il doit se » trouver continuellement dans la verticale dont nous venons de parler. » Cette verticale passant par l'axe commun du cylindre à vapeurs et de » la tige *c c'* de son piston, il ne s'agit que de placer un axe horizontal au » sommet *c'* de la tige qui tourne dans un collier pratiqué au milieu de *b d*, » et on aura rempli la condition proposée. » On en trouvera la théorie *page 123* du même ouvrage.

(K 17.)

C'est l'archet, trop connu pour mériter que nous nous arrêtions à l'expliquer.

Nous remarquerons seulement que si le mouvement rectiligne alternatif de l'archet communique un mouvement circulaire alternatif à l'axe autour duquel sa corde fait un tour, il peut aussi lui communiquer un mouvement circulaire continu, et pour cela il suffit de garnir l'axe d'un volant, et d'agir avec adresse avec l'archet, donnant à la main un certain mouvement pour faire en sorte que la corde de l'archet n'agisse sur le cylindre que dans un sens; un peu d'exercice suffit pour réussir dans la pratique. Tel est le mécanisme employé par M. *Raux* pour communiquer le mouvement au *file-fil* de son invention, petite machine qui mérita l'approbation de l'Institut, et qui parut à l'exposition des objets de l'industrie nationale, année 1806.

(L 17.)

Si on fait tourner la roue *A* dans un sens, la roue *B* tournera dans le sens opposé, et l'une et l'autre agiront sur les crémaillères correspondantes, de manière à communiquer un mouvement rectiligne à la tige *CD;* par conséquent ce mouvement peut-être aussi placé dans la colonne n.° 7.

(M 17.)

C'est une modification du mouvement qui précède, susceptible de plusieurs applications utiles.

Si sur un axe on fixe deux roues dentées, et qu'on fasse engrener avec chacune de ces roues deux crémaillères diamétralement opposées, le mouvement circulaire alternatif de l'axe communiquera un mouvement rectiligne alternatif aux crémaillères, et les extrémités de ces mêmes crémaillères s'approcheront ou s'éloigneront de l'axe d'une manière uniforme; c'est ainsi qu'on a construit des dévidoirs, et qu'on peut former un cylindre dont le diamètre soit variable comme celui dont nous avons parlé dans l'art. (C 7.), en multipliant convenablement le nombre des roues et des crémaillères.

(N 17.)

Transformer le mouvement rectiligne alternatif en circulaire alternatif (*Ann. des arts*, n.° 43). *abcd* est une règle assujettie à se mouvoir dans une coulisse; une autre règle *tvdkv't* est attachée à la première par la charnière *r*, de façon que le système des deux règles s'ouvre et se ferme autour de *r*, comme les deux pièces d'une mesure de poche à charnière. Une plaque de métal *lnhm*, qui se meut parallèlement à la ligne *bd*, porte les deux goupilles *p* et *q*, lesquelles se logent dans des échancrures *vt* et *vt'* pratiquées dans la règle *tvdkv't'*. On conçoit qu'en vertu de cette disposition, si la pièce *lnhm* se meut du côté de *e*, les deux règles étant supposées ouvertes, elles doivent se fermer d'abord par l'action de la cheville *q* sur la courbe *t'v'*, et être entraînées ensuite

par

par la continuation du mouvement de la pièce *lnhm*. L'effet inverse a lieu lorsque le mouvement de cette pièce se fait en sens opposé. Telle est la mécanique employée par M. *Droz* pour mettre sous son balancier le flaon qu'il faut frapper, et pour chasser celui qui l'a été précédemment.

Le mouvement alternatif rectiligne de la main mécanique est très-lent aux extrémités de sa course, et accéléré vers le milieu, afin de recevoir les flaons qui tombent d'une trémie, et les déposer sous le balancier sans la moindre secousse. Ce mouvement lui est communiqué au moyen d'une cheville λ, fixée à la pièce coulante *lnhm*, qui entre dans une ouverture oblongue pratiquée à l'extrémité du bras inférieur $\delta y \delta$; l'axe y est horizontal et perpendiculaire au plan passant par l'axe de la grande vis du balancier; de sorte qu'en faisant mouvoir ce levier dans un sens ou dans l'autre, on pousse en avant ou en arrière la cheville λ, et par conséquent la pièce *lnhm*. L'extrémité supérieure du levier $\delta y \delta$ est assujettie à se mouvoir entre deux courbes de métal qu'on construira d'après les règles données (A 7.). Chacune de ces courbes est attachée par son extrémité à l'arbre de la grande vis, et elles sont disposées de manière que la cheville λ s'éloigne lorsque la grande vis s'abaisse, et réciproquement. Par-là nous voyons comment le jeu de la main mécanique se trouve lié au mouvement du balancier, et comment il en est le résultat. En effet, le mouvement circulaire alternatif du balancier supposé constant, par le moyen des deux courbes horizontales qui forment une rainure dans laquelle entre l'extrémité supérieure du levier vertical $\delta y \delta$, se transforme en circulaire alternatif, très-lent à l'extrémité des oscillations, et accéléré vers le milieu. Le même résultat a lieu pour l'extrémité inférieure δ; mais alors on change de plans, et l'on conservera la même grandeur aux oscillations, si l'axe y est au milieu du levier $\delta y \delta$; on les rendra plus grandes ou plus petites en l'approchant ou en l'éloignant du point supérieur. Ce dernier mouvement circulaire alternatif non constant se change en rectiligne alternatif d'après la loi qu'exige le but de la machine.

(O 17.) *Planche 10.*

ABB est le balancier d'une pompe à feu; *G*, le centre de rotation de ce même balancier; *nm*, barre de fer qui peut tourner librement autour d'un axe *b* placé à l'extrémité *A* du balancier, et qui partage la barre *nm* en deux parties égales; la barre de fer *nm* tient par une de ses extrémités *n* à la tige *f* du piston de la pompe, et par l'autre extrémité *m* tient à la barre de fer *pq* qui tourne autour d'un axe fixe *q*.

On suppose donnés, 1.° les dimensions du balancier *ABB*, 2.° la position de son centre de rotation *G*, 3.° l'arc de cercle *bca* que l'extrémité *A* du balancier doit parcourir à chaque oscillation, arc qui doit être tangent à la direction du piston *f* de la pompe; 4.° la longueur de la tige de fer *nm*;

On demande quelle doit être la longueur de la tige *pq*, et la position de son centre de rotation *q*, pour que la course du piston s'écarte le moins possible de sa direction rectiligne.

On détermine la position de trois points m, m', m'', de manière à indiquer celle que l'extrémité *m* de la tige donnée *nm* doit avoir au commencement, vers le milieu et à la fin de la course du balancier, pour que dans ces trois positions l'autre extrémité *n* se trouve précisément dans la direction de la tige *f* du piston. On fait passer un cercle par ces trois points; le rayon de ce cercle sera égal à la longueur de la tige demandée, et son centre sera celui qui doit lui servir de rotation.

La courbe tracée par l'extrémité *n* de la tige *f* du piston, passe par les trois points n, n', n'', et s'écarte d'autant moins de la ligne droite, que l'arc *acb* parcouru par l'extrémité du balancier, est plus petit.

On emploie ce même procédé pour déterminer dans la fig. (H 17.), *planche 9*, la longueur de la tige $f'd$, et la position du point de rotation f'; et dans la fig. (I 17.), la longueur de la tige *ab* et la position du point de rotation *a*.

§. XVIII.

Le mouvement rectiligne alternatif avec une vîtesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut se changer en alternatif d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On le transformera d'abord en circulaire alternatif par le §. XVII; et celui-là en alternatif, d'après une courbe donnée par le §. X.

§. XIX.

Le mouvement circulaire alternatif avec une vîtesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut être changé en circulaire alternatif, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 19.)

Tous les mouvemens du §. VIII, et une partie de ceux du §. IX, donnent la solution du problème.

(B 19.) *Planche 9.*

M. *Camus* (*Recueil des machines approuvées par l'Académie*, tom. II, n.os 136 et 137) décrit des machines qu'il a inventées pour faire aller à-la-fois plusieurs tamis.

Celle que représente la figure, se réduit à une grande table *ABCD*; au-dessus de cette table se trouve une planche *EF*, soutenue par deux axes de fer *n*, *m*, qui tournent sur deux supports du même métal, ces supports étant fixes à la table. Sur le prolongement d'un de ces deux axes *n*, *m*, ou sur une tige *s* qui se trouve sur la planche dans leur direction, on fixe le pendule *R S*; et sur la planche *EF*, on place les tamis.

Le moteur fait osciller le pendule *RS*, et, par conséquent, communique aussi un mouvement alternatif circulaire à la planche *EF;* ses bords frappent à chaque oscillation contre la table *BC*, et imitent les secousses que les ouvriers impriment aux tamis.

(C 19.)

La corde *abc* attachée en *a* au ressort *B*, tourne autour du cylindre *A*, et vient se fixer à l'extrémité *c* de la pédale *D*. Le mouvement circulaire alternatif de la pédale en communique un autre de même nature au cylindre *A*.

(D 19.)

Le mouvement circulaire alternatif de la pédale *D* en produit un circulaire continu dans le volant *M*, et un autre circulaire alternatif dans le cylindre *A*.

(E 19.)

Tenaille de la machine à receper.

Cette tenaille est composée de deux pièces de fer *abcd*, *efgh*, qui tournent autour de l'axe *i;* les extrémités *ab* et *ef* de ces deux pièces sont taillées en forme demi-circulaire ; leur partie intérieure est garnie de pointes, afin qu'elle s'attache mieux contre le pieu qu'on veut receper, et leur ensemble forme le bec de la tenaille. Les autres extrémités *bcd* et *fgh* de ces mêmes pièces de fer, se terminent en deux portions d'arc de cercle *dc* et *gh*, la première garnie de dents dans sa partie convexe, et la seconde, dans sa partie concave. A la moitié de l'intervalle qui sépare les deux arcs de cercle *dc* et *gh*, s'élève perpendiculairement au plan de la tenaille un axe *C;* cet axe porte deux pignons *n* et *m* qui engrènent le premier avec les dents de l'arc *dc*, et le second avec les dents de l'arc *gh*.

Le mouvement circulaire alternatif de l'axe *C* ouvrira ou fermera à volonté le bec de la tenaille.

(F 19.) *Planche 10.*

Une longue barre ou madrier *AB*, est traversée dans son milieu par un axe qui se trouve à l'extrémité supérieure du pied-droit *CD*. Le mouvement circulaire alternatif communiqué à l'une des extrémités de la barre *AB*, par l'action d'une personne qui se trouve assise dans ce point, et qui tend alternativement, tantôt à s'élever en s'élançant avec force au-dessus du pavé sur lequel ses pieds sont appuyés, tantôt à descendre par son propre poids, communique ce même mouvement à une autre personne assise à l'extrémité opposée, et qui tend, par les mêmes moyens, à augmenter l'étendue des oscillations de la barre. Tel est le jeu connu généralement sous la dénomination de *bascule* ou de *casse-cou*.

§. XX.

Le mouvement circulaire alternatif avec une vîtesse uniforme, ou variable d'après une loi donnée, peut être transformé en alternatif d'après une courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

(A 20.)

Tous les mouvemens du §. X donnent la solution de ce problème.

(B 20.)

Tour pour faire sans arbre toute sorte de vis, proposé par M. *Grandjean*, de l'Académie royale des sciences. *Mach. appr. par l'Acad.*, tom. V, ann. 1729, n.° 336.

« Ce tour est composé, comme les tours ordinaires, d'un établi *AB* » et de deux poupées *P*, *Q*: ces poupées ont au lieu de pointes deux » collets *S*, *T* pour recevoir l'arbre *FH*, terminé en pointe par ses deux » extrémités; cet arbre porte la pièce *R* que l'on veut tourner, et la pou- » lie *G* qui reçoit la corde *GO* attachée à la marche *O*. La poupée *Q*

» porte un support de fer *I*, auquel est attaché en *I* une équerre de » fer *HIK*, dont une extrémité s'appuie sur la pointe *H* de l'arbre, » qu'elle tend par conséquent à pousser de *H* vers *F*. La pointe *F* est » appuyée sur une pièce *E*, mobile sur un axe *D*, à l'extrémité *D* » duquel est montée sur un carré, la pièce *DC* dans la rainure de » laquelle coule une boîte *N* à laquelle est attachée la corde *NO*, qui » va se rendre à la marche *O*.

» Cela posé, il est évident qu'en appuyant le pied sur la marche, » on fera non seulement tourner l'arbre *FH*, mais encore baisser la » pièce *DC*, ce qui ne peut se faire que l'arbre n'avance de *F* vers *H* » d'une quantité qui sera toujours réciproquement proportionnelle aux » distances *DN* de la boîte *N* au centre *D* de mouvement; et comme la » pièce *N* est mobile, on pourra la placer par-tout où on le jugera à pro- » pos : d'où il suit que, pendant une révolution, l'axe avancera de telle » quantité qu'on voudra, et que par conséquent, présentant l'outil en » *R*, on taillera tel pas de vis qu'on voudra, comme on se l'était proposé.

» Si l'on voulait tourner une hélice dont les pas allassent toujours » en se resserrant, on le pourrait aisément par le moyen de cette ma- » chine. Pour cela, il ne faut qu'ôter la pièce *DC*, et lui en subs- » tituer une *DNC* (*fig. 2*) dont la circonférence *NVC*, dans la rainure » de laquelle passe la corde attachée en *N*, soit une courbe dont les » rayons *DN*, *DV*, *DC* vont en augmentant de la même manière » que l'on veut que les pas de l'hélice diminuent; pour lors, chaque » point *C*, *V*, *N* de la courbe fera successivement l'office d'une diffé- » rente longueur de *DN* (*fig. 1*), ce qui ne se peut, à moins que l'arbre » ne recule inégalement vers *H*, et que, par conséquent, les pas de » l'hélice ne soient inégalement serrés dans la portion des rayons *DC*, » *DV*, *DN*; ce qui était proposé. »

(C 20.)

M. *Clairault* est l'auteur d'un Mémoire imprimé parmi ceux de l'Académie, en 1734, où il se propose la solution de plusieurs problèmes.

L'un d'eux a pour objet de trouver les courbes *MON*, autour desquelles, si l'on fait glisser l'équerre *MCN*, son sommet *C* soit toujours dans la courbe donnée *EC*.

On peut donner à l'équerre le mouvement que demande ce problème, par un mouvement circulaire alternatif, qu'on transformera, par la solution même du problème, en alternatif d'après la courbe donnée *EC*.

(D 20.)

AA sont deux montans ou pieds-droits qui s'élèvent perpendiculairement sur le madrier *B*; le chapeau *CC* lie les extrémités supérieures de ces deux montans; ces quatre pièces forment un châssis dont la position verticale est assurée par les autres pièces *D* et *E*.

G est un treuil garni d'une roue dentée *H*; *I* est un pignon qui engrène avec la roue *H*; l'axe du pignon porte une manivelle à l'extrémité de laquelle est appliqué le moteur.

abcd est un chariot qui glisse du haut en bas entre les deux montans *AA*; deux cordes *e*, *e*, fixes à la traverse supérieure du chariot, passent par deux poulies, qui se trouvent attachées au chapeau *C*, et viennent se rouler sur le treuil *G*; une autre corde *f* est attachée au milieu de la traverse inférieure du chariot, passe par une poulie fixe au madrier *B*, et va se rouler sur le treuil, en sens contraire des deux précédentes.

Le chariot *abcd* porte un cylindre de fer *gh*; l'extrémité *g* de ce cylindre repose sur une crapaudine aussi de fer, qui se trouve au milieu de la surface supérieure de la traverse inférieure du chariot, passe par un orifice fait au milieu de la traverse supérieure, et se termine en *h* par une tarrière ou bien par un autre outil quelconque. Le cylindre de fer *gh* est garni d'une poulie *m* vers le milieu de la distance qui sépare les deux traverses du chariot.

Une corde *nopq*, fixe au chapeau *C* en *n*, passe par la poulie *o* qui se trouve vers le milieu d'un des côtés verticaux du chariot, s'enveloppe sur la poulie *m*, autour de laquelle elle fait un tour entier, passe ensuite par une autre poulie *p* qui se trouve en face de la poulie *o* dans le côté

opposé du chariot, ou bien qui s'élève de la traverse inférieure à la hauteur convenable, et se termine en *q*, où elle soutient un poids *N* qui sert à tenir cette corde dans un degré de tension constant.

Si le moteur agit par un mouvement circulaire alternatif, ce mouvement sera transformé en rectiligne alternatif, par le moyen déjà indiqué (B 17.). Le cylindre de fer *gh* participera de ce mouvement rectiligne alternatif du chariot *abcd,* et en même temps aura un mouvement circulaire alternatif, produit par la tension constante de la corde *onpq.* La combinaison de ces deux mouvemens fera parcourir à l'outil une spirale, comme dans le mouvement (K 10.).

Tel est le mécanisme dans la fabrique impériale d'armes de Versailles, pour carabiner en vis les canons des armes à feu.

§. XXI.

Le mouvement alternatif d'après une courbe donnée, avec une vîtesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée, peut être changé en un mouvement alternatif d'après une autre courbe donnée, avec une vîtesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, constante, ou variable d'après une loi donnée, dans le même plan ou dans des plans différens.

On transformera le mouvement alternatif donné en circulaire continu, par les moyens indiqués §. X, et celui-ci en alternatif, d'après une autre courbe donnée par le même paragraphe.

Les mouvemens qui peuvent satisfaire au problème du §. XIV, satisferont aussi au problème qui précède.

FIN.

IMPRIMÉ
Par les soins de J. J. Marcel, Directeur général de l'Imprimerie impériale, Membre de la Légion d'honneur.

A

A k 7

Cours de Géométrie Descriptive, Par M.r Hachette.

Tableau des Machines Elémentaires.

Les Machines Elémentaires Ont Pour Objet de Changer

				A	B	C	D	E
Le Mouvement Rectiligne Continu en	Rectiligne	Continu	1.					
		Alternatif	2.					
	Circulaire	Continu	3.					
			3.a					
			3.b					
		Alternatif	4.					
Le Mouvement Circulaire Continu en.	Rectiligne	Alternatif	5.					
			5.a					
			5.b					
			5.c					
			5.d					
	Circulaire	Continu	6.					
			6.a					
			6.b					
		Alternatif	7.					
			7.a					
			7.b					
			7.c					
Le Mouvement Rectiligne Alternatif en	Rectiligne	Alternatif	8.					
	Circulaire	Alternatif	9.					
			9.a					
Le Mouvement Circulaire Alternatif en	Circulaire	Alternatif	10.					

J. J. De la porte, sculp.t

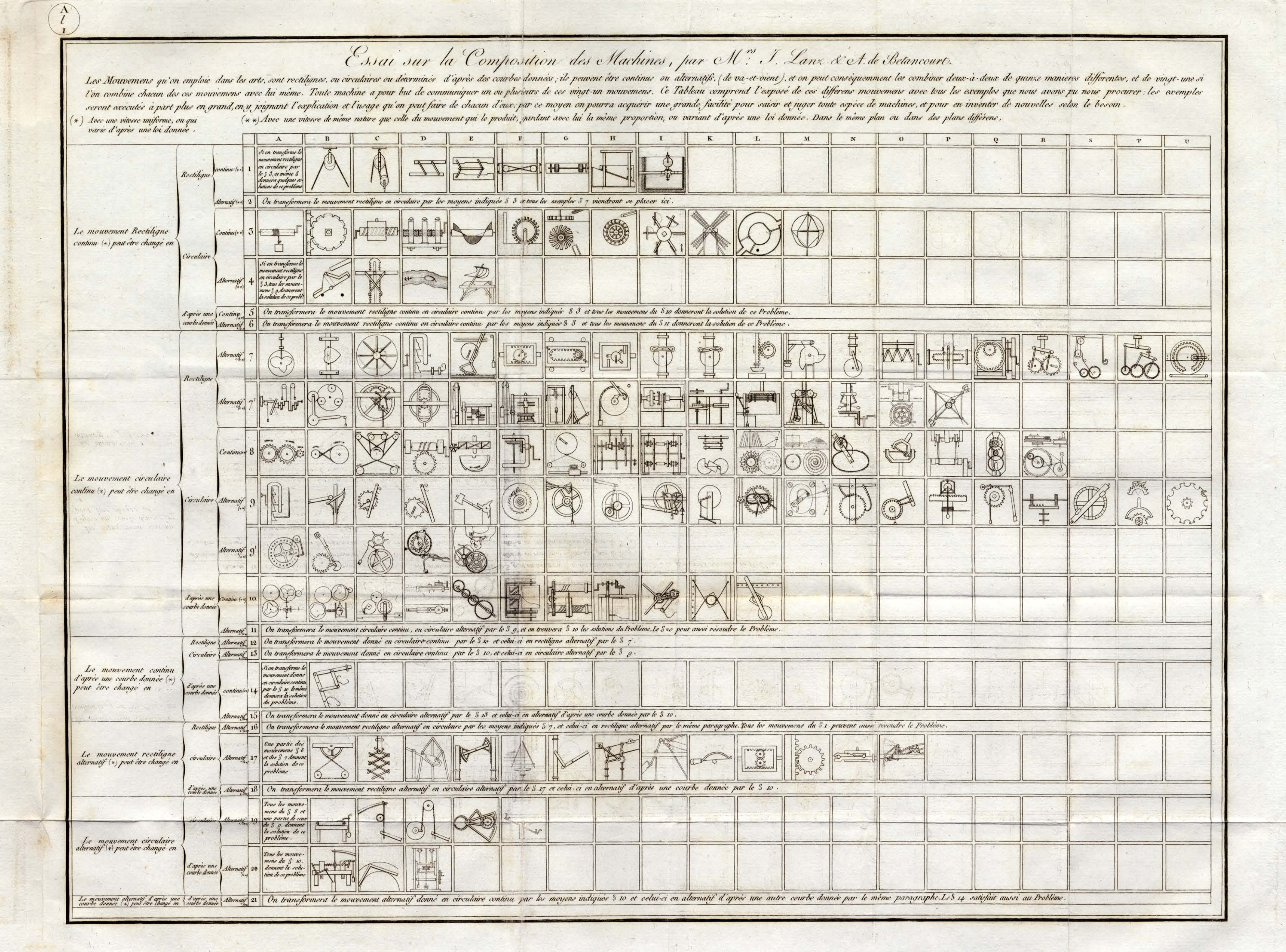
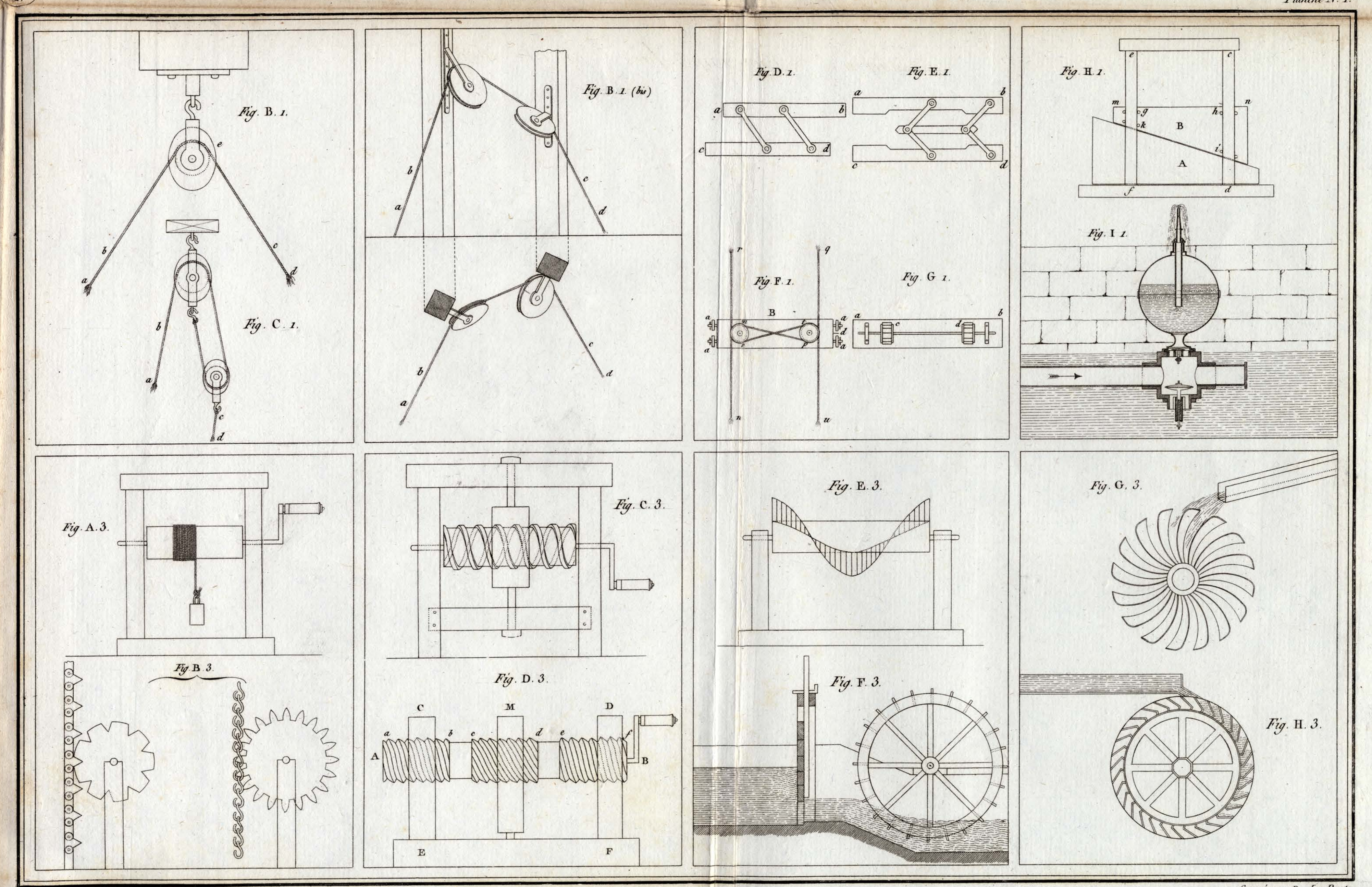

Essai sur la Composition des Machines, par M.rs J. Lanz & A. de Betancourt.
Les Mouvemens qu'on emploie dans les arts, sont rectilignes, ou circulaires ou déterminés d'après des courbes données; ils peuvent être continus ou alternatifs, (de va-et-vient), et on peut conséquemment les combiner deux-à-deux de quinze manieres différentes, et de vingt-une si l'on combine chacun des ces mouvemens avec lui même. Toute machine a pour but de communiquer un ou plusieurs de ces vingt-un mouvemens. Ce Tableau comprend l'exposé de ces différens mouvemens avec tous les exemples que nous avons pu nous procurer: les exemples seront exécutés à part plus en grand, en y joignant l'explication et l'usage qu'on peut faire de chacun d'eux; par ce moyen on pourra acquérir une grande facilité pour saisir et juger toute espéce de machines, et pour en inventer de nouvelles selon le besoin.
(*) Avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée.
(**) Avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, gardant avec lui la même proportion, ou variant d'après une loi donnée. Dans le même plan ou dans des plans différens,
A B C D E F G H I K L M N O P Q R S T U
Le mouvement Rectiligne continu (*) peut être changé en
Rectiligne
continu (**) 1
Si on transforme le mouvement rectiligne en circulaire par le § 3, ce même § donnera quelques solutions de ce probléme
Alternatif (**) 2
On transformera le mouvement rectiligne en circulaire par les moyens indiqués § 3 et tous les exemples § 7 viendront se placer ici.
Circulaire
Continu (**) 3
Alternatif (**) 4
Si on transforme le mouvement rectiligne en circulaire par le § 3, tous les mouvemens § 9, donneront la solution de ce probl.
d'après une courbe donnée
Continu (**) 5
On transformera le mouvement rectiligne continu en circulaire continu par les moyens indiqués § 3 et tous les mouvemens du § 10 donneront la solution de ce Probléme.
Alternatif (**) 6
On transformera le mouvement rectiligne continu en circulaire continu par les moyens indiqués § 3 et tous les mouvemens du § 11 donneront la solution de ce Probléme.
Le mouvement circulaire continu (*) peut être changé en
Rectiligne
Alternatif (**) 7
Alternatif (**) 7'
Circulaire
Continu (**) 8
Alternatif (**) 9
Alternatif (**) 9'
d'après une courbe donnée
Continu (**) 10
Alternatif (**) 11
On transformera le mouvement circulaire continu, en circulaire alternatif par le § 9, et on trouvera § 10 les solutions du Probléme. Le § 20 peut aussi résoudre le Probléme.
Le mouvement continu d'après une courbe donnée (*) peut être changé en
Rectiligne Alternatif (**) 12
On transformera le mouvement donné en circulaire continu par le § 10 et celui-ci en rectiligne alternatif par le § 7.
Circulaire Alternatif (**) 13
On transformera le mouvement donné en circulaire continu par le § 10, et celui-ci en circulaire alternatif par le § 9.
d'après une courbe donnée
continu (**) 14
Si on transforme le mouvement donné en circulaire continu par le § 10 le même donnera la solution du probléme.
Alternatif (**) 15
On transformera le mouvement donné en circulaire alternatif par le § 13 et celui-ci en alternatif d'après une courbe donnée par le § 10.
Le mouvement rectiligne alternatif (*) peut être changé en
Rectiligne Alternatif (**) 16
On transformera le mouvement rectiligne alternatif en circulaire par les moyens indiqués § 7, et celui-ci en rectiligne alternatif par le même paragraphe. Tous les mouvemens du § 1 peuvent aussi résoudre le Probléme.
circulaire Alternatif (**) 17
Une partie des mouvemens § 3 et des § 7 donnent la solution de ce probléme.
d'après une courbe donnée Alternatif (**) 18
On transformera le mouvement rectiligne alternatif en circulaire alternatif par le § 17 et celui-ci en alternatif d'après une courbe donnée par le § 10.
Le mouvement circulaire alternatif (*) peut être changé en
circulaire Alternatif (**) 19
Tous les mouvemens du § 8 et une partie de ceux du § 9, donnent la solution de ce probléme.
d'après une courbe donnée Alternatif (**) 20
Tous les mouvemens du § 10, donnent la solution de ce probléme
Le mouvement alternatif d'après une courbe donnée (*) peut être changé en
d'après une courbe donnée Alternatif (**) 21
On transformera le mouvement alternatif donné en circulaire continu par les moyens indiqués § 10 et celui-ci en alternatif d'après une autre courbe donnée par le même paragraphe. Le § 14 satisfait aussi au Probléme.

Planche N.° 1.

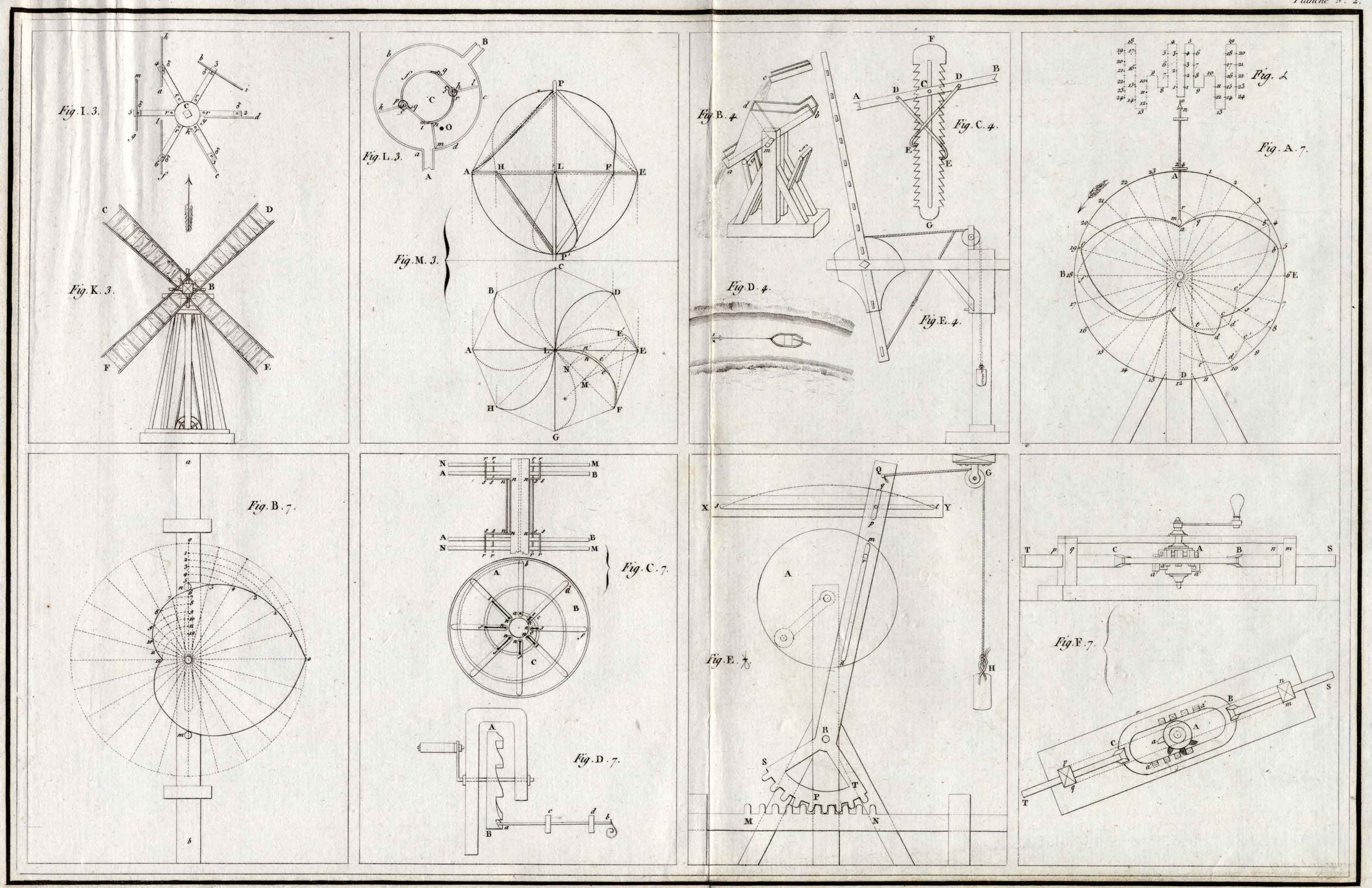


Gravé par De La Porte.

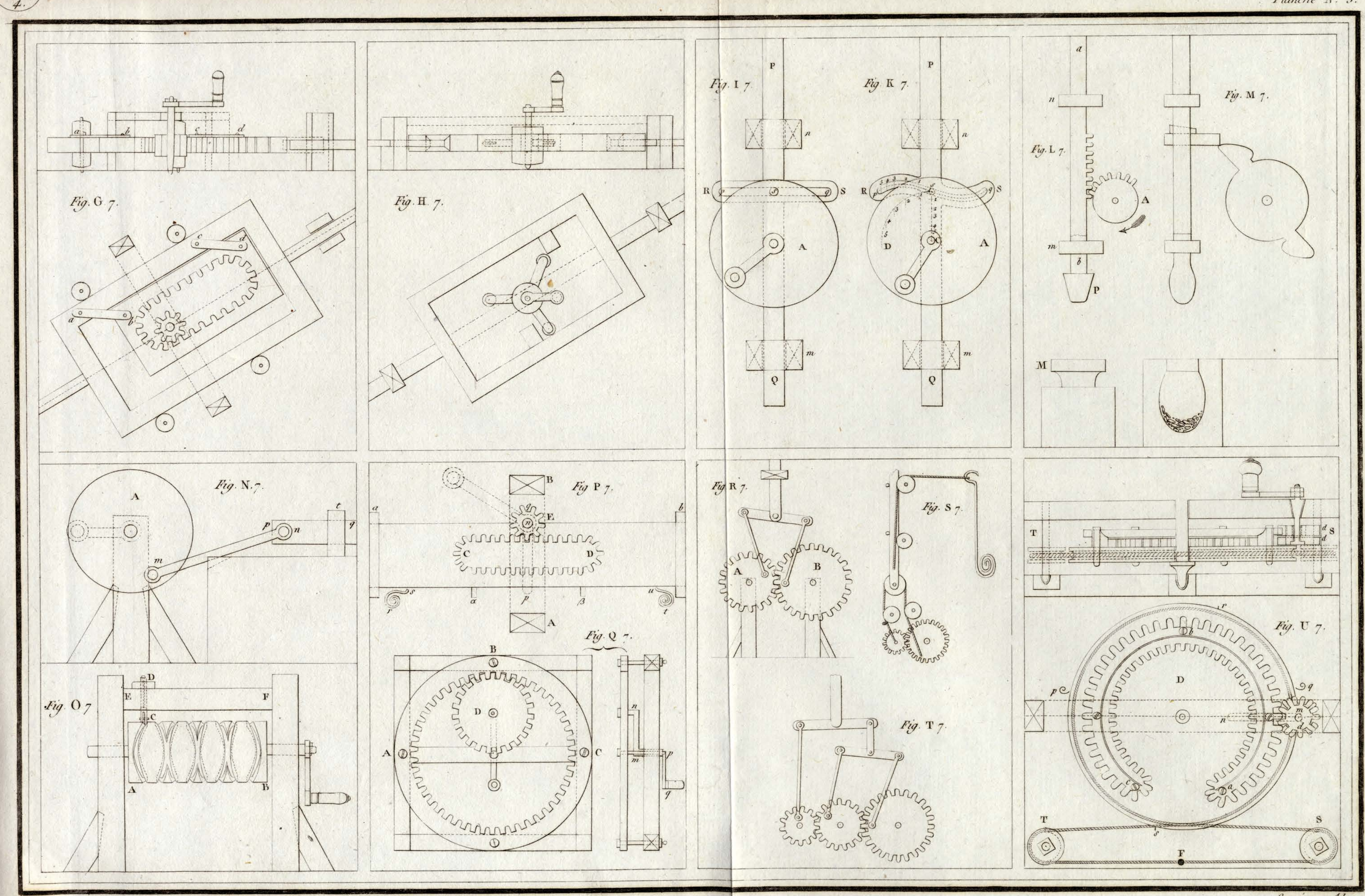
A l 3.

Essai sur la Composition des Machines

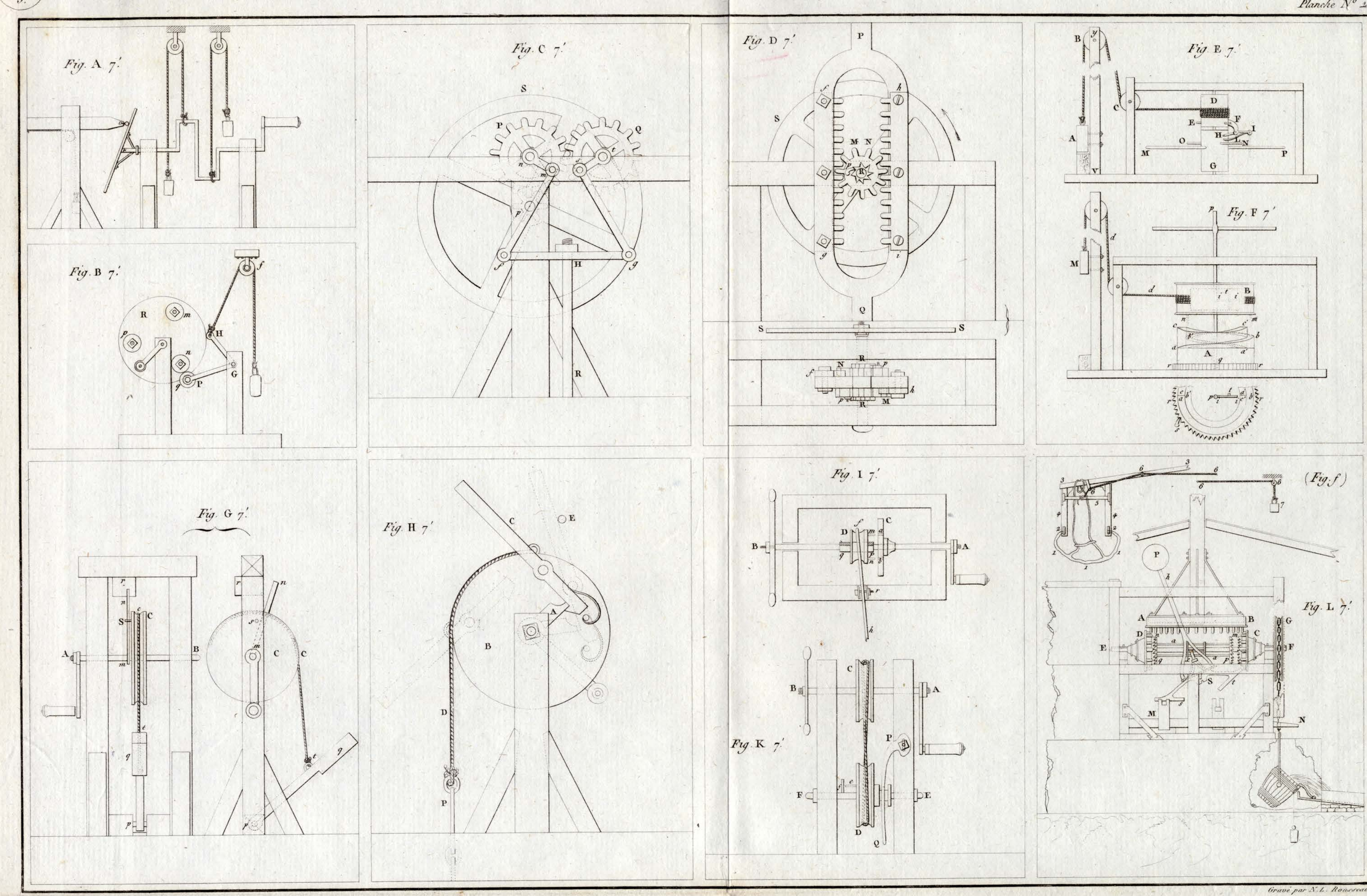
Planche N.° 2.



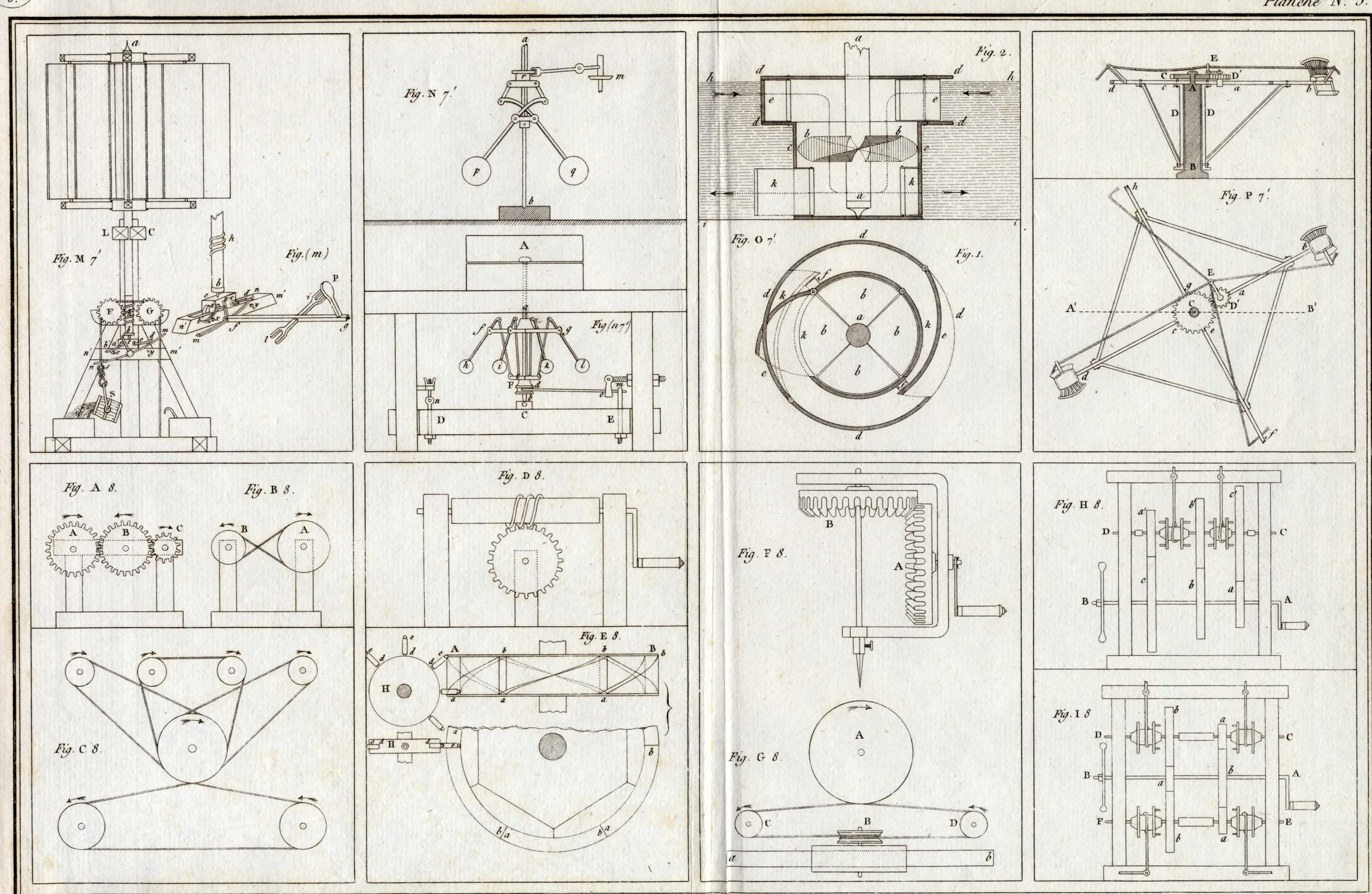
Gravé par Adam



Gravé par Adam



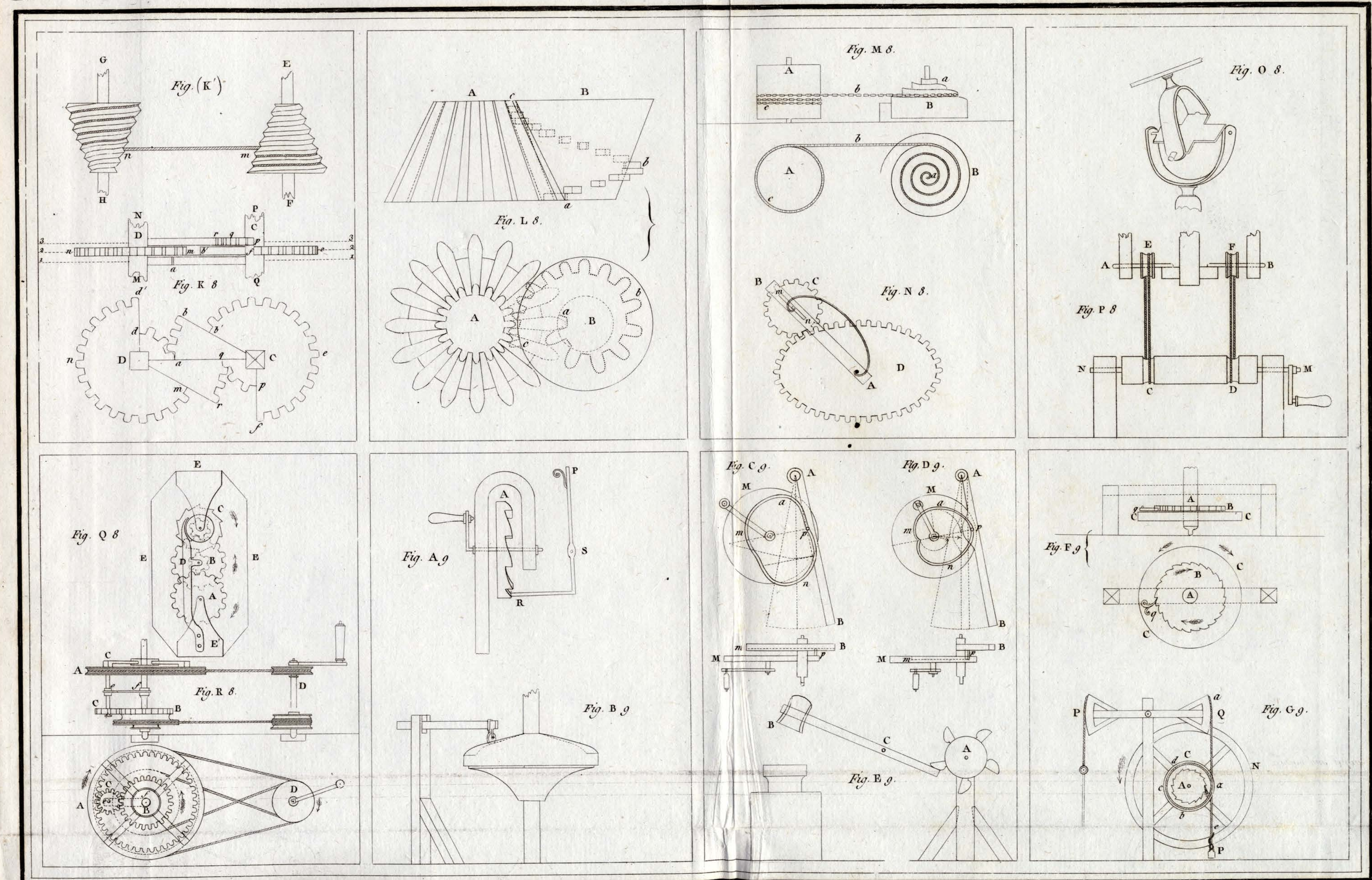
Gravé par N. L. Rousseau



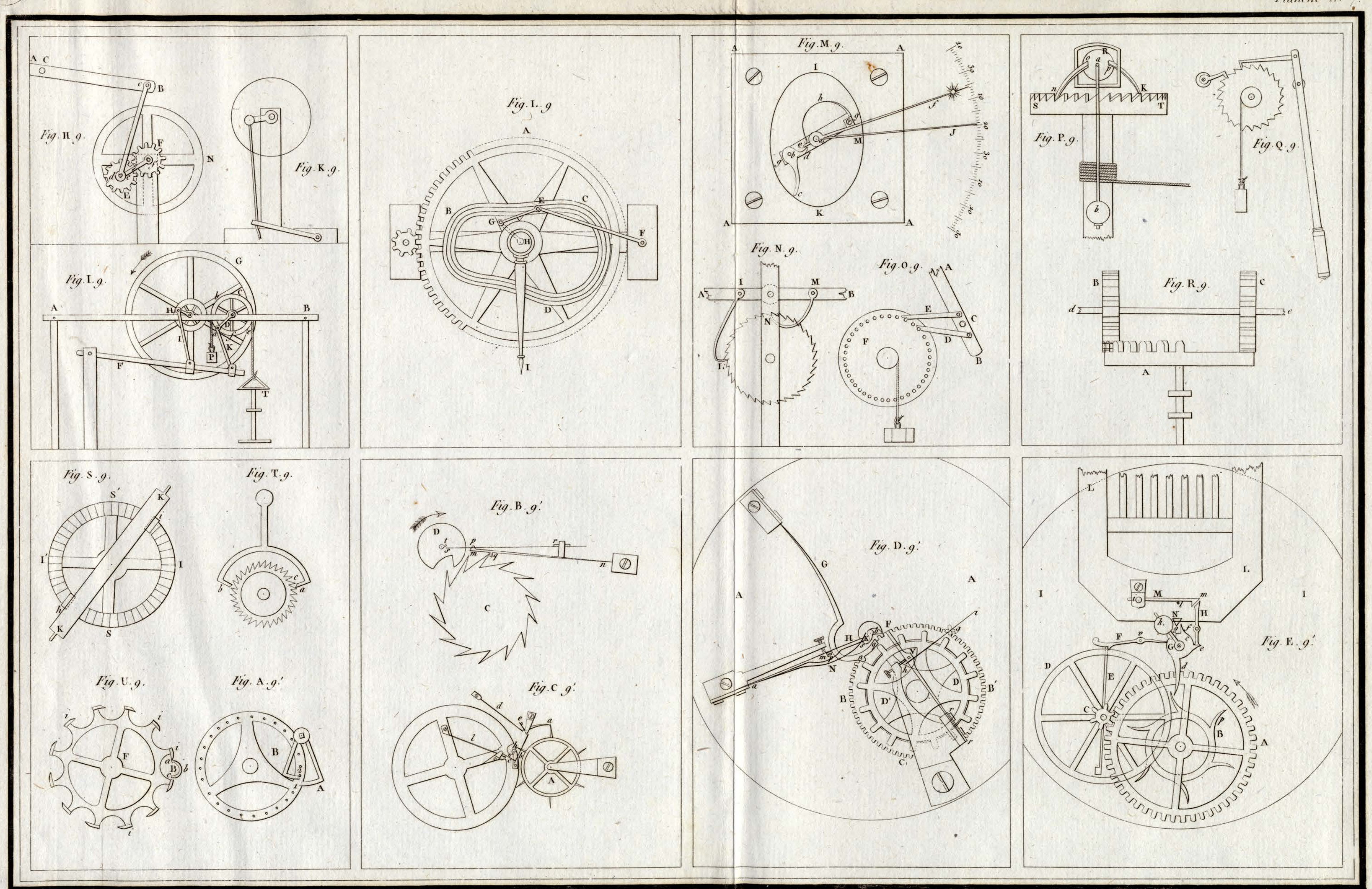
Gravé par J.J. De la Porte

Essai sur la Composition des Machines

Planche N°. 6.



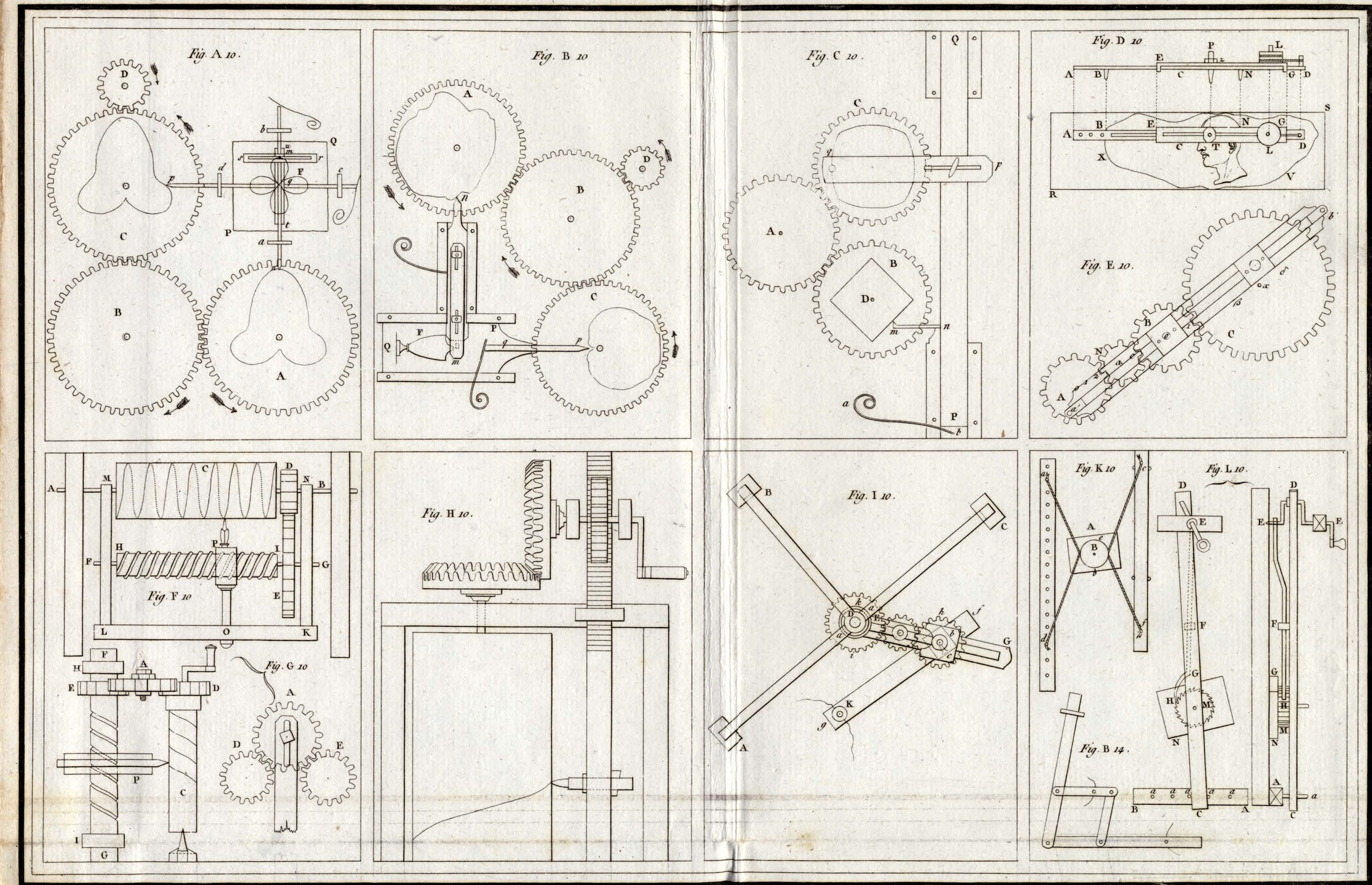
Gravé par Adam



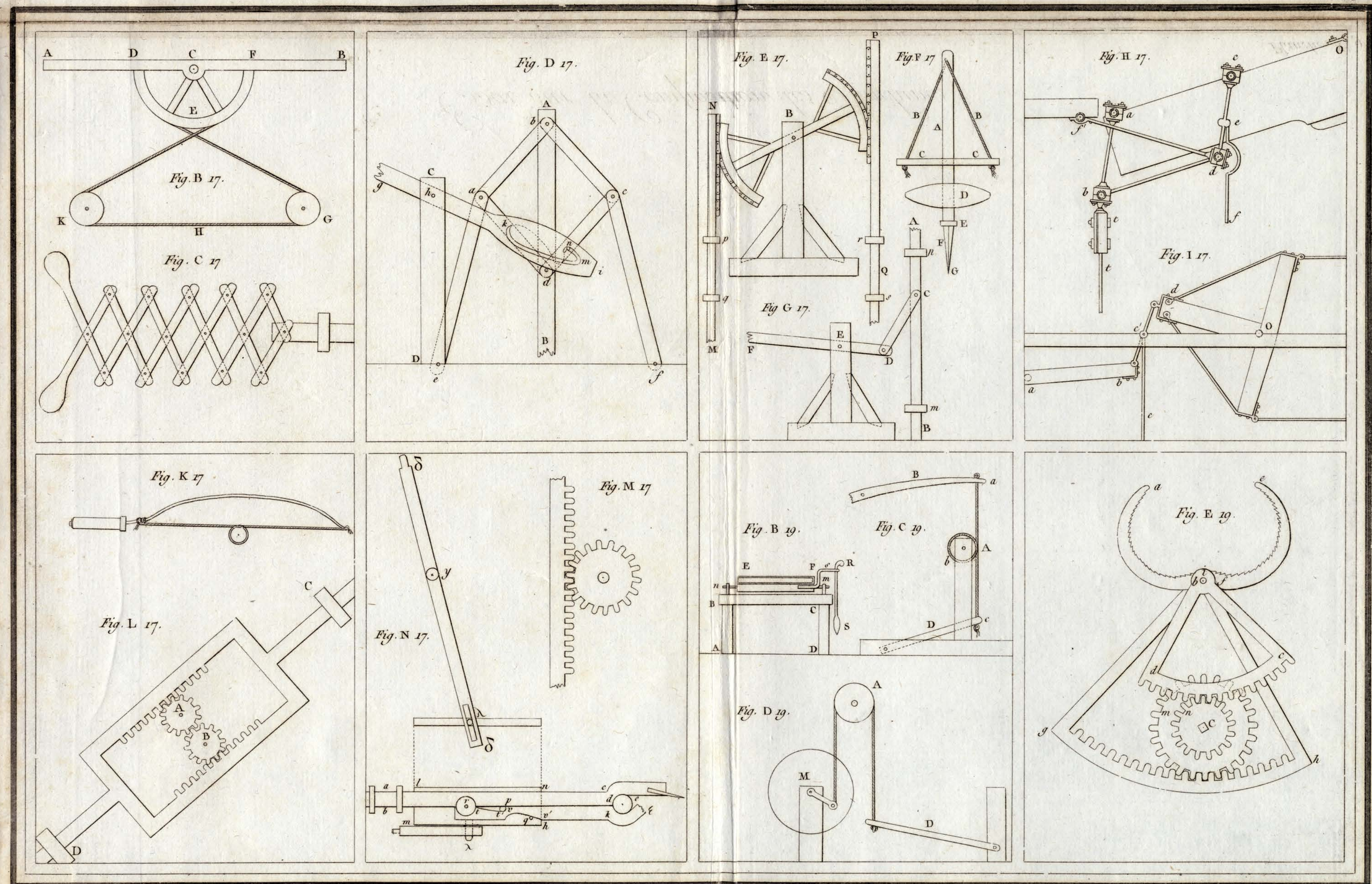
Gravé par Adam

Essai sur la Composition des Machines.

Planche N°. 8.



Gravé par Adam



Gravé par Adam



Essai sur la Composition des Machines.

Fig. F 19.

Fig. B 20.

(Fig. 2.)

Fig. 1.

Fig. C 20

Fig. D 20.

Fig. α

Fig. β

C'. 10.

Fig. δ

Fig. O 17

Gravé par De La Porte

